

4G Systeme GmbH
Am Sandtorkai 71, 20457 Hamburg

Vorrichtung und Verfahren zur Einrichtung von Ad-hoc Netzwerken

Die Erfindung betrifft ein Netzwerkelement zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken zum drahtlosen Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern, wobei das Netzwerkelement eine Sende/Empfangseinheit zum drahtlosen Senden und Empfangen von Daten, eine Steuereinheit zur Steuerung der Verarbeitung von Daten und einen Datenspeicher aufweist. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken zum Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern und ein Netzwerk mit Netzwerkelementen zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken für Netzwerknutzer.

Drahtlose Netzwerke (Wireless Local Area Networks = WLANs) finden zunehmende Verbreitung. Dabei dienen vor allem sogenannte Netzwerkelemente als kabellose Zugangspunkte für mobile Netzwerknutzer (Laptop Nutzer mit WLAN Karte). Die Anzahl der Netzwerknutzer pro Netzwerkelement ist begrenzt, da ansonsten die Datenübertragungsrate pro Netzwerknutzer zu niedrig ist. Ein Netzwerkelement deckt nur einen sehr

begrenzten Raum für den kabellosen Netzwerk-Zugang ab (Radius von ca. 300m) und dies nur, wenn direkte Sichtverbindung zwischen Netzwerkelement und mobilem Netzwerknutzer gegeben ist.

5 Ein herkömmliches Netzwerkelement dient als kabellose Schnittstelle zum Internet. Die Verbindung zum Internet wird durch einen Internet Service Provider zur Verfügung gestellt. Somit ergibt sich eine Point-to-Multipoint Netzwerk-Topologie, welche eine räumlich sehr stark begrenzte Fläche mit kabellosem Netzwerkzugang abdeckt und nur für mobile Netzwerknutzer mit
10 direkter Sichtverbindung von Nutzen ist. Bei Ausfall der Netzwerkelemente ist kein Netzwerkzugang mehr möglich, d.h. eine Ausfallsicherheit ist nicht gegeben. Auch bei Ausfall der Internet-Verbindung des Internet Service Providers existiert kein Ausfallschutz für den Netzwerknutzer, da dies den einzigen Zugangspunkt zum Internet darstellt.

15 Zusätzlich ist eine Erweiterung der räumlichen Abdeckung mit kabellosem Netzwerk-Zugang nur mit einer begrenzten Anzahl von herkömmlichen Netzwerkelementen möglich (mit Hilfe der sogenannten WDS Technologie; die Grenze liegt bei ca. 8 bis 10 herkömmlichen Netzwerkelementen, um eine
20 Vergrößerung der räumlichen Abdeckung zu erzielen).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Netzwerkelement, ein Netzwerk und ein hierauf gerichtetes Verfahren zu schaffen, welches einen weitreichenderen, leichter verfügbaren, komfortableren Netzwerk-Zugang;
25 verbesserte Netzwerk-Zugangsmöglichkeiten für mobile Netzwerknutzer und verbesserte Netzwerkeigenschaften bietet.

Die Aufgabe wird bei einem Netzwerkelement der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Steuereinheit ausgebildet ist, um
30 Verbindungsstreckeninformation und Verbindungsbeschaffenheitsinformation zum Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern auszuwerten, um Teilabschnitte von Datenübertragungsrouten oder komplette Datenübertragungsrouten zur Übertragung oder Weiterleitung von Daten zu

bestimmen, wobei die Verbindungsstreckeninformation die Anzahl der Netzwerkelemente und die Nachbarschaftsbeziehungen der Netzwerkelemente des Netzwerkes und die Verbindungsbeschaffenheitsinformation die Beschaffenheit der Verbindung
5 zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern angibt.

Die Aufgabe wird auch erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, mit den Schritten: Austauschen und Speichern von Verbindungsstreckeninformation und Verbindungsbeschaffenheitsinformation
10 der Netzwerkelemente zueinander und der Netzwerknutzer zu den Netzwerkelementen, Auswerten der Verbindungsstreckeninformation und Verbindungsbeschaffenheitsinformation, Austauschen von Daten zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern, basierend auf den Verbindungsstreckeninformationen und
15 Verbindungsbeschaffenheitsinformationen, durch Versenden von Daten durch einen ersten Netzwerknutzer an ein in der Nähe angeordnetes Netzwerkelement, Empfangen der Daten durch das Netzwerkelement und Weiterversenden der Daten zu einem benachbarten Netzwerkelement in Richtung auf den adressierten, zweiten Netzwerknutzer oder den adressierten
20 Netzwerknutzer selbst, über eine aus den Verbindungsbeschaffenheits- und Verbindungsstreckeninformationen ermittelte Datenübertragungsroute oder einen Teilabschnitt einer Datenübertragungsroute.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ebenfalls durch ein Netzwerk der eingangs genannten Art gelöst, mit erfindungsgemäßen Netzwerkelementen
25 zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken für Netzwerknutzer nach einem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei der Datenaustausch zwischen zwei oder mehr Netzwerknutzern immer mindestens mittels eines Netzwerkelementes und auf Basis der Verbindungsbeschaffenheits- und der
30 Verbindungsstreckeninformation erfolgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet zahlreiche Vorteile. Besonders günstig ist der fortwährende Austausch von Informationen über die

Beschaffenheit des Netzwerkes. Dabei werden die Daten von weiter entfernt liegenden Netzwerkelementen immer durch Übergabe an benachbarte Netzwerkelement weitergereicht und jedes Netzwerkelement ergänzt die Informationen, bis jedes Netzwerkelement die ganze, der vollständigen Topologie des Netzwerkes entsprechende Information trägt. Damit kann jedes Netzwerkelement für sich direkt eine Route durch das Netzwerk berechnen. Hierdurch ergibt sich eine optimale Dezentralität. Die Rechenkapazität wird nicht zentral ausgeschöpft, sondern immer an dem Ort, an dem die zu übertragenden Daten gerade sind. Durch die vorher genannten Eigenschaften und Merkmale des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes werden diese Vorteile ermöglicht und noch begünstigt.

Daten im Sinne dieser Anmeldung und im Sinne der Ansprüche umfassen jede Form von Daten und/oder Information, insbesondere Steuerungs-, Video, Audio-, Synchronisations-, Initialisierungs- Fehlerkorrektur-Fehlererkennungs-, Modulations-, Codierungsinformationen oder -daten; um nur einige Beispiele zu nennen und alle sonstigen Informationen und Daten.

Unter Nachbarschaftsverhältnis im Sinne dieser Anmeldung ist die Existenz, die Beschaffenheit, Quantität und Qualität der Datenkommunikationskanäle von erfindungsgemäßen Netzwerkelementen zueinander gemeint. Ein Nachbarschaftsverhältnis kann sich aufgrund der räumlichen Anordnung ergeben, ist aber nicht hierauf zu begrenzen. Insbesondere können auch Netzwerkelemente benachbart im Sinne dieser Anmeldung sein, wenn räumlich zwischen ihnen ein oder mehrere weitere Netzwerkelemente angeordnet sind. Im Vordergrund steht die Möglichkeit, eine elektromagnetische Verbindung aufbauen zu können. Ein Nachbarschaftsverhältnis kann sich also auch durch Störeinflüsse ändern.

Verbindungsbeschaffenheitsinformation bezeichnet alles qualitativen Merkmale einer oder mehrerer Verbindungen, insbesondere auch über einen längeren Zeitraum. Hierzu können die räumlichen Abstände, die Qualität der Verbindung gemessen als Signal-Rauschabstand (SNR) u.v.m. gehören.

Mit dem erfindungsgemäßen Netzwerkelement lassen sich ohne aufwendige Infrastrukturmaßnahmen großflächige Netzwerke errichten. Bei Aktivierung bilden die erfindungsgemäßen Netzwerkelemente ein flexibles und dezentrales Netzwerk, welches sich selbst organisiert und ein Höchstmaß an Sicherheit und Verfügbarkeit garantiert. Dies ist der entscheidende Schritt vom zentralen Netzwerkelement hin zur flächendeckenden Netzwerkzugangszone.

Das erfindungsgemäße Netzwerkelement ist den herkömmlichen WLAN Lösungen nicht nur in technischer, sondern auch wirtschaftlicher Hinsicht weit überlegen. Im Vergleich zu bisherigen Lösungen zur Erstellung einer Netzwerkinfrastruktur reduzieren sich die Kosten für den Auf- und Ausbau einer beliebig großen Netzwerkzugangszone. Durch die Selbst-Organisation des Netzwerkes und den nahezu vollständigen Verzicht auf weitere Verdrahtungsmaßnahmen lassen sich drastische Kosteneinsparungen realisieren. Durch die flexible und dezentrale Struktur einer Netzwerkzugangszone ist die flächen- sowie leistungsmäßige Erweiterung durch bloßes Hinzufügen weiterer erfindungsgemäßer Netzwerkelemente möglich. Auf die Planung des Netzwerkes und auf teure Infrastrukturmaßnahmen kann somit fast vollständig verzichtet werden.

Bevorzugt ist die Steuereinheit ausgebildet, um in dem Datenspeicher gespeicherte Verbindungsstreckeninformation und Verbindungsbeschaffenheitsinformation und wahlweise oder gleichzeitig in den für den Datenaustausch bestimmten Daten enthaltene Verbindungsstreckeninformation und Verbindungsbeschaffenheitsinformation auszuwerten. Dadurch kann das Netzwerkelement Daten, welche erst bei der Übertragung der Daten entstehen, z.B. wie viele sogenannte Hops (Sprünge zwischen Netzwerkelementen) bereits stattgefunden haben, mit dem im Netzwerkelement vorliegenden Informationen kombinieren und daraus eine weiterhin günstige Route berechnen, oder Neues bezüglich der Netzwerktopologie erfahren. Bildlich gesprochen ist das so, als würde ein Reisender von seiner Reise bzw. der bereisten Region berichten.

- Vorteilhaft ist ebenfalls, wenn die in dem Datenspeicher gespeicherte Verbindungsstreckeninformation die Anzahl der Netzwerkelemente und die Nachbarschaftsbeziehungen der Netzwerkelemente des ganzen Netzwerks und die Verbindungsbeschaffenheitsinformation die Beschaffenheit der Verbindung zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern des ganzen Netzwerks angibt. Damit enthält oder erhält jedes Netzwerkelement alle notwendigen Informationen zur Berechnung einer vollständigen Datenübertragungsrouten durch das Netzwerk und ist somit völlig autark.
- 10 Vorzugsweise weist das erfindungsgemäße Netzwerkelement Datenspeicher mit einer nur ein einziges Mal für jedes Netzwerkelement vorhandenen, in einem festen Datenspeicher gespeicherte Authentifizierungsinformation auf und die Steuereinheiten sind in einer Weise ausgeführt, um die Authentifizierungsinformation mittels der Sende-/Empfangseinheiten zu
- 15 anderen Netzwerkelementen zu übertragen und die von anderen Netzwerkelementen zugesandten Authentifizierungsinformationen zur Überprüfung der Berechtigung der anderen Netzwerkelemente des Netzwerkes zum Datenaustausch im Netzwerk auszuwerten. Dadurch wird eine maximale Sicherheit der Datenübertragung im Netzwerk gewährleistet.
- 20 Die Überprüfung der Berechtigung (z.B. Zertifikat einer Zertifizierungsautorität) erfolgt automatisch durch die erfindungsgemäßen Netzwerkelemente selbst. Dadurch sind keine derartigen Maßnahmen vom Nutzer bei der Errichtung des Netzwerkes erforderlich.
- 25 Bevorzugt weist der Datenspeicher eines erfindungsgemäßen Netzwerkelementes eine eindeutige Autorisierungsinformation, insbesondere eine Adressinformation, welche kennzeichnend für jeden Netzwerknutzer und jedes Netzwerkelement im Netzwerk ist, auf, und die Steuereinheit ist ausgestaltet, um die Autorisierungsinformation mittels der Sende-
- 30 /Empfangseinheiten zu anderen Netzwerkelementen zu übertragen und die von anderen Netzwerkelementen zugesandten Autorisierungsinformationen zur Bestimmung von Datenübertragungsrouten oder Teilabschnitten von Datenübertragungsraten im Netzwerk auszuwerten. Dies ermöglicht eine

sogenanntes „Roaming“ von Netzwerknutzern durch das Netzwerk aus erfindungsgemäße Netzwerkelementen. Der Netzwerknutzer besitzt immer die gleich Adresse innerhalb des Netzwerkes über die der Datenaustausch mit ihm durchgeführt wird. Für den Netzwerknutzer besitzt auch das Netzwerk
5 immer die gleich Adresse. Der Netzwerknutzer kann sich so von Netzwerkelement zu Netzwerkelement bewegen und kann kontinuierlich Daten empfangen und versenden.

Vorzugsweise besitzt das Netzwerkelement eine erste Sende-/Empfangseinheit zum Datenaustausch von Netzwerkelementen untereinander und eine
10 zweite Sende-/Empfangseinheit zum Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern. Dadurch werden die Daten zur Kommunikation zwischen Netzwerknutzern und Netzwerkelementen getrennt voneinander abgearbeitet. Die Ressourcen (Bandbreite, Funkkanäle) werden
15 geschont und die Datenübertragung erfolgt schneller, reibungsloser und sicherer.

Vorzugsweise sind Koppelmittel zum Koppeln des Netzwerkelementes zum Datenaustausch mit einem zweiten Netzwerk, insbesondere einem nicht-
20 drahtlosen Infrastrukturnetzwerk wie dem Internet an einem erfindungsgemäßen Netzwerkelement angeordnet. Dies ermöglicht den Zugang mittels jedes erfindungsgemäßen Netzwerkelements zu dem Infrastrukturnetzwerk. In Kombination mit den zuvor genannten Vorzügen ergeben sich völlig neue und verbesserte Möglichkeiten für Netzwerknutzer
25 bezüglich des Zugangs zu einem zweiten Netzwerk. Die Engpässe bestehender Konzepte können mit dem erfindungsgemäßen Netzwerk behoben werden, weil sich praktisch unbegrenzt viele erfindungsgemäße Netzwerkelemente zu einem Netzwerk zusammenfügen lassen.

30 Vorzugsweise weist das erfindungsgemäße Netzwerkelement zur Versorgung mit elektrischer Energie Koppelmittel zur Kopplung mit mehreren unterschiedlichen Energiequellen, insbesondere mit Solarzellen auf. Dadurch

kann das erfindungsgemäße Netzwerkelement maximalen autarken Betrieb erreichen und ist unabhängig von einzelnen Energieversorgern.

5 Es ist ferner bevorzugt, dass das erfindungsgemäße Netzwerkelement mittels der Koppelmittel zum Datenaustausch für ein nicht-drahtloses Infrastrukturnetzwerk, insbesondere einen Ethernet Anschluss auch mit Energie versorgbar ist. Dadurch entfällt die Notwendigkeit eines weitere drahtgebunden Anschlusses.

10 Es ist weiterhin bevorzugt, dass die Sende-/Empfangseinheiten nach einem oder mehreren der Standards IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g ausgebildet sind.

15 Vorzugsweise weist das erfindungsgemäße Netzwerkelement auch eine oder mehrere WLAN PCI-Karten nach einem oder mehreren der Standards IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, flüchtige und nichtflüchtige Speicher, insbesondere SDRAMs oder Flash-Speicher, eine Mikroprozessor- oder Mikrocomputereinheit oder programmierbare Logikbausteine, Komponenten zur Regelung und Steuerung der Verlustleistung und der Energiequellen und
20 zwei Antennen, jeweils zum Datenaustausch zwischen Netzwerknutzern und/oder Netzwerkelementen auf.

Ferner besteht ein bevorzugter erfindungsgemäßer Verfahrensschritt zur Errichtung eines Ad-hoc Netzwerkes im Auffinden von Netzwerkelementen
25 und Netzwerknutzern durch drahtloses Empfangen und Aussenden von Verbindungsanfragen, sowie weitere Schritte im Überprüfen der Authentizität der aufgefundenen Netzwerkelemente durch Auswerten einer zugesandten Authentizitätsinformation zur Ermittlung der Berechtigung zum Datenaustausch und Speicherung der daraus ermittelten
30 Berechtigungsinformation und im Senden, Empfangen, Zuordnen und Speichern im Netzwerk eindeutiger Autorisierungsinformation, insbesondere Adressinformation von Netzwerkelementen und Netzwerknutzern. Hierdurch wird eine sichere, unterbrechungsfreie Datenübertragung und ein direkte

Verbindung zwischen Netzwerknutzern erreicht, auch wenn diese sich im Netz bewegen.

Vorteilhafterweise werden Netzwerknutzer aus dem Sende-/Empfangsbereich
5 eines ersten Netzwerkelementes in den Sende-/Empfangsbereich eines
zweiten Netzwerkelementes in Abhängigkeit von der
Verbindungsbeschaffenheitsinformation und der
Verbindungsstreckeninformation unter Beibehaltung der eindeutigen dem
Netzwerknutzer zugeordneten Autorisierungsinformation übergeben.
10 Hierdurch erhalten die Netzwerknutzer optimale Kapazitäten zur
Kommunikation und optimale Bewegungsfreiheit im Netz.

Vorzugsweise gelingt die Übergabe eines Netzwerknutzers von einem ersten
zu einem zweiten Netzwerkelement durch Bereitstellen einer vordefinierten,
15 begrenzten Anzahl von Autorisierungsinformationen für Netzwerknutzer,
welche in allen Netzwerkelementen gleich ist, Entdecken eines Assoziations-
Ereignisses durch ein Netzwerkelement, welches anzeigt, dass ein
Netzwerknutzer innerhalb des Sende-Empfangsreichweite eines
Netzwerkelementes angeordnet ist, Vergleichen der übermittelten
20 Autorisierungsinformation mit den vordefinierten, bekannten
Autorisierungsinformationen, Auswerten des Vergleiches zur Ermittlung, ob es
sich um einen externen oder bereits bekannten Netzwerknutzer handelt,
Zuweisung einer Autorisierungsinformation, wenn ein externer Netzwerknutzer
ermittelt wurde, Übermitteln der auf den Netzwerknutzer bezogenen
25 Verbindungsstrecken und/oder Verbindungsbeschaffenheitsinformation an die
Netzwerkelemente des Netzwerkes und Übermitteln einer
Autorisierungsinformation an den Netzwerknutzer, welche für das Netzwerk
kennzeichnend ist, insbesondere eine Adressinformation für die
Datenübertragung.

30

Vorzugsweise werden Netzwerkelemente in die Sende-/Empfangsbereiche
bzw. die Netzwerkzugangszone der bereits im Netzwerk angeordneten
Netzwerkelemente zur Erhöhung der Datenübertragungsraten von

Verbindungsstrecken und Verbesserung der Ausfallsicherheit des Netzwerkes hinzugefügt. Dadurch ergibt sich eine hohe Redundanz im Netzwerk. Die Übertragungsraten können erhöht werden. Fällt ein erfindungsgemäßes Netzwerkelement aus, kann die Verbindung von einem nahegelegenen
5 Netzwerkelement übernommen werden.

Bevorzugt ist auch das Trennen des drahtlosen Datenaustausches nach Netzwerknutzern und Netzwerkelementen, insbesondere durch Verwenden unterschiedlicher Frequenzbereiche, Vergabe von Frequenzkanälen, zeitliches Multiplexen und/oder unterschiedlicher Modulationsverfahren und/oder
10 Standards der drahtlosen Datenübertragung für den Datenaustausch zwischen Netzwerknutzern und den Datenaustausch nur zwischen Netzwerkelementen zur Erhöhung der Datenverarbeitungsgeschwindigkeit des Netzwerkes.

15 Durch bevorzugtes Koppeln mehrerer Netzwerkelemente mit einem zweiten Netzwerk, insbesondere einem nicht-drahtlosen Infrastrukturnetzwerk wie dem Internet, wird die Datenübertragungsrate und die Datenübertragungssicherheit erhöht.

20 Ein erfindungsgemäßes Netzwerk weist erfindungsgemäße Netzwerkelementen nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und ein Verfahren nach einem der Ansprüche 12 – 20 auf, wobei der Datenaustausch zwischen zwei oder mehr Netzwerknutzern immer mindestens mittels eines Netzwerkelementes und auf Basis der Verbindungsbeschaffenheits- und der
25 Verbindungsstreckeninformation der Netzwerkelemente erfolgt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen sind in den Unteransprüchen genannt.

Ein Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes, des
30 erfindungsgemäßen Netzwerkes und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Einrichtung eines erfindungsgemäßen Netzwerkes werden anhand der Figuren 1 bis 28 ausführlich beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines herkömmlichen Netzwerkes,

- Figur 2 eine schematische Darstellung eines herkömmlichen Netzes in WDS Technik,
- Figur 3 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Netzwerkes mit erfindungsgemäßen Netzwerkelementen,
- 5 Figur 4 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Netzwerkes und erfindungsgemäßer Netzwerkelemente in detaillierter Darstellung,
- Figur 5 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Netzwerkes und der dazugehörigen Netzwerkzugangszone,
- 10 Figur 6 eine schematische Darstellung zweier erfindungsgemäßer Netzwerkelemente und der zugehörigen Netzwerkzugangszone,
- Figur 7 eine schematische Darstellung von sieben erfindungsgemäßen Netzwerkelementen und der zugehörigen Netzwerkzugangszone,
- Figur 8 ein realistisches Szenario in schematischer Darstellung eines erfindungsgemäßen Netzwerkes,
- 15 Figur 9 ein schematische Darstellung eines Laufzeitmodels eines erfindungsgemäßen Netzwerkes,
- Figur 10 eine schematische Darstellung eines statischen Models eines erfindungsgemäßen Netzwerkes,
- 20 Figur 11 eine weitere schematische Darstellung des statischen Models aus Figur 10,
- Figur 12 ein dynamisches Model in schematischer Darstellung eines erfindungsgemäßen Netzwerkes,
- Figur 13 eine schematische Darstellung der Datenkommunikation zwischen zwei Netzwerknutzern in einem erfindungsgemäßen Netzwerk,
- 25 Figur 14 eine schematische Darstellung der Kommunikation von Netzwerknutzern mit einem Infrastrukturnetz in einem erfindungsgemäßen Netzwerk,
- Figur 15 eine schematische Darstellung der Kommunikation zweier durch ein Infrastrukturnetzwerk verbundener erfindungsgemäßen Netzwerke und zweier Netzwerknutzer,
- 30 Figur 16 eine schematische Darstellung des Hardwareaufbaus eines erfindungsgemäßen Netzwerkelementes,

- Figur 17 eine schematische Darstellung der typischen äußeren Gehäuseform eines erfindungsgemäßen Netzwerkelementes,
- Figur 18 eine schematische Darstellung der Architektur eines Computerprogramms für ein erfindungsgemäßes Netzwerkelement,
- Figur 19 eine schematische Darstellung des Link Discovery Protokolls und Link State Protokolls in einem erfindungsgemäßen Netzwerk,
- Figur 20 eine Datenarchitektur im Link State Protokoll für Netzwerkelemente eines erfindungsgemäßen Netzwerkes,
- Figur 21-24 schematische Darstellungen eines Roaming Vorganges eines Netzwerknutzers in einem erfindungsgemäßen Netzwerk,
- Figur 25 eine Multipoint-zu-Multipoint-Verbindung in einem erfindungsgemäßen Netzwerk,
- Figur 26 eine bildliche Darstellung eines Hotspots,
- Figur 27 eine bildliche Darstellung des erfindungsgemäßen Netzwerkelements als WLAN Adapter und
- Figur 28 eine umfassende Darstellung der Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes und des erfindungsgemäßen Netzwerkes.

20

Figur 1 stellt das Szenario dar, welches unter Verwendung von handelsüblichen Netzwerkelementen 5 zum Einsatz kommt. Dieses Szenario wird auch als „Hotspot“ bezeichnet. Ein Hotspot ist ein räumlich begrenzter Bereich, in welchem kabelloser WLAN Zugang (WLAN Netzwerk, 3) für Netzwerknutzer 2 möglich ist. Das herkömmliche Netzwerkelement 5 ist mittels einer Schnittstelle mit dem „Internet“ 4 verbunden. Das herkömmliche Netzwerkelement 5 erzeugt einen räumlich begrenzten Bereich des kabellosen Netzwerk-Zugangs 3. In diesem Bereich ist es Netzwerknutzern 2 möglich, kabellosen Zugang zum Netzwerk bzw. zum „Internet“ 4 zu erlangen. Netzwerknutzer sind Geräte wie z.B. Laptops oder PDAs (Personal Digital Assistant), ausgestattet mit einer WLAN Schnittstelle, welche zum jeweiligen verwendeten Standard des WLANs 3 kompatibel ist (IEEE 802.11b, IEEE

30

802.11g, IEEE 802.11a). Ein kabelloser Netzwerk-Zugang außerhalb des Netzwerkes 3 ist nicht möglich.

Figur 2 erweitert die Darstellung der Funktionalität von Figur 1 hinsichtlich der räumlichen Abdeckung des Netzwerkes 3. Durch handelsübliche Netzwerkelemente 5 mit WDS Funktionalität (WDS – Wireless Distribution System) ist es möglich, bis zu 10 Netzwerkelemente 5 zusammenzufassen und somit die räumliche Ausdehnung des Netzwerkes 3 zu erhöhen. Die WDS Funktionalität entspricht einer kabellosen Bridge zwischen den Netzwerkelemente 5. Dabei werden die Netzwerkelemente 5 als Bridge konfiguriert. Ein Netzwerkelement 5 wird dabei als Gateway zum Netzwerk bzw. „Internet“ konfiguriert. Eine größere Anzahl von Netzwerkelemente 5 und somit eine größere räumliche Abdeckung mit dem Netzwerk 3 zu erreichen, ist nur mittels zusätzlichem Installations-Aufwand durch Hinzufügen von kabelgebundenen Netzwerkverbindungen und zusätzlichen Geräten zu bewerkstelligen. Dies schränkt die Installationsmöglichkeiten der Netzwerkelemente 5 erheblich ein, da die dafür benötigte kabelgebundene Netzwerk-Infrastruktur an den meisten Orten für die Errichtung von „Hotspots“ nicht verfügbar ist. Netzwerknutzern 2 wird es ermöglicht, innerhalb dieses Netzwerkes 3 einen kabellosen Zugang zum Netzwerk bzw. „Internet“ 4 zu erlangen.

Figur 3 zeigt den Einsatz des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes 1 (auch 4G Access Cube™ oder 4G Access Enabler) in einem erfindungsgemäßen Netzwerk 3 und die damit verbundene Möglichkeit der unbegrenzten räumlichen Ausdehnung des erfindungsgemäßen Netzwerkes 3 durch das Hinzufügen von zusätzlichen erfindungsgemäßen Netzwerkelementen 1. Dabei ist keine manuelle Konfiguration des erfindungsgemäßen Netzwerkelements 1 notwendig, da die erfindungsgemäßen Netzwerkelemente selbständig die Konfiguration vornehmen. Der Betriebsmodus des erfindungsgemäßen Netzwerkelements 1 („Operation Mode“) wird automatisch gewählt. Zusätzlich ist keine kabelgebundene Infrastruktur für die räumliche Ausdehnung des erfindungsgemäßen

Netzwerkes 3 notwendig; das Netzwerk 3 zwischen den erfindungsgemäßen Netzwerkelementen 1 bildet sich vollkommen kabellos und selbständig; durch bloßes Hinzufügen von erfindungsgemäßen Netzwerkelementen 1 in räumlicher Nähe (innerhalb der Netzwerkzugangszone) zu einem
5 erfindungsgemäßen Netzwerkelement 1 wird das Netzwerk 3 erweitert.

Es sind auch eine Vielzahl von Netzwerk-Zugängen bzw. Zugängen zum „Internet“ 4 möglich, d.h. bei Abbruch einer Netzwerk-Verbindung 4 wird selbständig die räumlich am nächsten liegende Verbindung 4 gewählt. Dies
10 hat keinen Einfluss auf die Netzwerknutzer 2; der Wechsel findet vollständig transparent im Hintergrund statt.

Netzwerknutzern 2 wird es ermöglicht, innerhalb dieses WLANs 3 einen kabellosen Zugang zum Netzwerk bzw. „Internet“ 4 zu erlangen.

15

Figur 4 zeigt drei erfindungsgemäße Netzwerkelemente 1, zwei Netzwerknutzer 2, einen Netzwerk-Zugang zum Internet 4 und deren Sub-Komponenten inklusive Interaktionen. Ein erfindungsgemäßes Netzwerkelement 1 besteht aus einem Logik Board 100, einem IO Board 200,
20 2 WLAN Board 300 und optional aus einem oder mehreren Extension Boards 400. Die Boards sind durch eine Hardware-Schnittstelle 501, 502 – eine Stecker-Verbindung – physikalisch miteinander verbunden. Die Schnittstelle 502 ist diejenige Schnittstelle, welche als Stecker-Schnittstelle zum Hinzufügen von Extension Boards 400 (für z.B. Flash-Speicher Erweiterungen,
25 Grafikkarte, etc.) verwendet wird. Dabei kann eine beliebig große Anzahl von Extension Boards 400 mittels der Schnittstelle 502 „gestapelt“ werden.

Das Logik Board 100 besteht aus einer CPU 101, welche Programm Instruktionen 104, die in dem Flash-Speicher 103 gespeichert sind, in den
30 RAM Speicher 105 lädt und ausführt. Die Programm Instruktionen bestehen im wesentlichen aus einem Betriebssystem und Algorithmen, welche die ordentliche Funktionalität des erfindungsgemäßen ermöglichen. Zusätzlich übernimmt der Controller 102 die Verwaltung des Logik Boards, wie z.B. die

Kommunikation nach Außen über die Schnittstellen 501 und 502. Das IO Board 200 umfasst die kabelgebundenen Schnittstellen nach außen: Ethernet 202, USB 203 und Stromanschluss 204. Wahlweise kann die Stromversorgung auch über die Ethernet Schnittstelle 202 vorgenommen werden (mittels PoE – Power over Ethernet Standard, IEEE 802.3af, welcher getrennte Daten- und Stromübertragung über ein Ethernetkabel vorsieht). Im Regelfall wird die Ethernet-Schnittstelle 202 für die Netzwerk-Verbindung ins „Internet“ 4 verwendet. Die USB Schnittstelle 203 ermöglicht den Anschluss von externen Geräten wie z.B. USB-Speicher-Geräte. Zusätzlich ist es möglich, das erfindungsgemäße Netzwerkelement 1 als sogenannten Netzwerknutzer Adapter zu verwenden, um z.B. PCs 6 über die USB Schnittstelle 203 anzubinden und den Zugang zu Netzwerken 3 zu ermöglichen. Der Controller 201 sorgt für eine automatische Erkennung ob z.B. die Stromversorgung über den Stromanschluss 204 oder alternativ über die Ethernet-Schnittstelle 202 vorgenommen wird.

Das WLAN Board 300 ist über die Schnittstelle 502 an das Logik Board 100 gekoppelt. Ein Controller 302 übernimmt dabei die Aufgabe der Steuerung von einem etwaigen zusätzlichen Extension Board 400, welches mit dem WLAN Board 300 mittels der Schnittstelle 502 verbunden wird. Der WLAN Transceiver 301 sorgt für den sicheren Versand und Empfang von Datenpaketen über das Netzwerk 3. Getrennte Sende- und Empfangsantennen 503 erhöhen den Datendurchsatz der Datenpakete über das Netzwerk 3.

25

Das erfindungsgemäße Netzwerk stellt eine weitreichende Flächendeckung mit kabellosem Netzzugang basierend auf einem der IEEE 802.11 Standards zur Verfügung. Das System besitzt eine sehr hohe Ausfallsicherheit durch Redundanz der Netzwerk-Verbindungen und durch Selbst-Organisation des Gesamt-Netzwerkes. Das Problem der mangelnden Sichtverbindung zwischen Zugangs-Punkt und Netzwerknutzern, hervorgerufen durch sog. „Funkschatten“, wird durch strategische Positionierung der Zugangs-Punkte und deren Selbst-Organisation überwunden.

30

Das System besteht aus einer Vielzahl von Netzwerkelementen gleicher Bauart, welche durch eine kabellose Schnittstelle für die Datenübertragung miteinander verbunden sind. Die kabellose Schnittstelle verbindet zusätzlich
5 auch mobile Netzwerknutzer mit den Geräten.

Das Gerät an sich besteht aus einem Hardware- und einem Software-Teil. Die Hardware besteht aus einem IO-Teil, einem Logik-Teil und einem WLAN-Teil.

10 Der IO-Teil stellt die Schnittstelle zum ordentlichen Betrieb des Gerätes dar. Diese umfasst einen Anschluss für die Stromversorgung, einem Ethernet-Anschluss (welcher für die kabelgebundene Netzwerkanbindung bzw. zusätzlich durch PoE – Power over Ethernet – als alternative Stromversorgung verwendet werden kann) und zwei USB Anschlüssen (USB
15 Host und USB Device), für den Betrieb von externen Geräten, wie zB. Sound-Karten, Speicher-Module, Web-Cams, etc.

Der WLAN-Teil ermöglicht die kabellose Datenkommunikation der Geräte des Gesamt-Systems und stellt zusätzlich die kabellose Anbindung der
20 Netzwerknutzer zur Verfügung. Der WLAN-Teil kann alternativ aus ein oder mehreren, auf unterschiedlichen Übertragungstechnologien bestehenden (IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, etc.), kabellosen Schnittstellen basieren.

Der Logik-Teil umfasst einen Prozessor und eine Speichereinheit, welche
25 Programm-Algorithmen hält. Die Algorithmen werden mit den Daten aus den IO- und insbesondere aus den WLAN-Teilen initialisiert und vom Prozessor ausgeführt. Die Ergebnisse der Datenverarbeitung werden mittels dem WLAN-Teil an die räumlich nahen Geräte kabellos übermittelt.

30 Jeder Teil ist auf einer separaten Platine untergebracht und durch eine Hardware-Schnittstelle miteinander verbunden. Es besteht die Möglichkeit, zusätzlich Funktionalität durch Platinen, welche diese Hardware-Schnittstelle

implementieren, hinzuzufügen. Die Hardware ist in modularer Bauweise realisiert, um das Hinzufügen von Funktionalität zu standardisieren.

Die Software des Systems ist für die Hardware-Plattform optimiert und angepasst und beinhaltet unter anderem Algorithmen für die Bereitstellung der Grund-Funktionalität des Systems. Die Algorithmen unterteilen sich folgendermaßen:

- Erstellung von kabellosen und verschlüsselten Datenkommunikations-Tunnel zwischen den Geräten,
- 10 - „Traffic-Shaping“ Algorithmus zur Erkennung und Regulierung von Bandbreiten-Engpässen der WLAN Schnittstelle (WLAN Teil),
- automatische Wahl und Konfiguration des Geräts („Operation Modes“): Netzwerkelement Switch, Netzwerknutzer Adapter,
- verteilte und redundante Datenhaltung im Gesamt-System und der Zugriff auf die Daten und
- 15 - Routing Algorithmus zur Routen Berechnung, Routen Instandhaltung und zum Routen Caching.

Das erfindungsgemäße Netzwerkelement ist eine neuartige, hochintegrierte Hard- und Softwareplattform für kabellose Breitband-Netzwerke z.B. auf Basis der IEEE 802.11 Standards.

Die eingesetzte Hardware übertrifft in der Leistungsfähigkeit alle erhältlichen Netzwerkelemente um mehrere Größenordnungen. Den Kern des erfindungsgemäßen Netzwerkelements bildet bevorzugt in der Praxis eine mit über 500 MHz getaktete RISC CPU flankiert von bis zu 64 MB Flash und 128 MB RAM sowie diversen, im Interface Ports, wie z.B. USB. Als Softwareplattform wurde ein für diese Anwendung angepasstes Linux hoher Stabilität gewählt. Die Leistungsfähigkeit des erfindungsgemäßen Netzwerkelements ist vergleichbar mit einem handelsüblichen Intel Pentium II PC gleicher Taktfrequenz. Somit steht genügend Rechenleistung zur Verfügung, um Protokolle oder zeitkritische Applikationen sowie diverse

andere Anwendungen dezentral und redundant zu verarbeiten, ohne dabei auf ausreichende Leistungsreserven für zukünftige Anforderungen zu verzichten.

5 Zwei bis vier unabhängige WLAN 802.11g Interfaces ermöglichen erstmals kabellose Übertragungsraten von bis zu 216 Mbit. Dies gelingt erstmals aufgrund eines speziellen, beliebig stapelbaren MiniPCI Adapters.

10 Diese garantieren einer großen Anzahl von Nutzern gleichzeitig eine stabile und performante Verbindung. Durch das transparente Routing der Authorisierungs-, Authentifizierungs- und Metering-Protokolle ist der kontrollierte Zugang jedes einzelnen Nutzers an jedem Punkt des Netzes sichergestellt.

15 Das kleine, würfelförmige und wetterfeste Gehäuse des erfindungsgemäßen Netzwerkelements mit den geringen Ausmaßen von bevorzugt 55 x 55 x 55 mm und dem extrem geringen Strombedarf lassen Netzwerkzugangszonen an fast jedem Ort dieser Welt entstehen, notfalls durch Zuhilfenahme von kleinen Solarzellen, sollte keine Stromversorgung zur Verfügung stehen.

20 Das produktionsoptimierte Design verringert die Kosten für das erfindungsgemäße Netzwerkelement.

25 Die erfindungsgemäßen Netzwerkelemente gruppieren sich selbständig und kabellos zu einer flächendeckenden Netzwerkzugangszone (Cluster) und sind somit in der Lage, die räumlichen Grenzen der Verfügbarkeit von Breitband-Zugängen über Kabelnetzwerke oder zentrale Hotspots zu überwinden.

30 Bis zu 4 WLAN Schnittstellen pro erfindungsgemäßigem Netzwerkelement ermöglichen Übertragungsraten von zur Zeit bis zu 216 Mbit. Durch die Implementierung eines zukünftigen IEEE 802.11n Standards mit bis zu 180 Mbit je Interface wird in Kürze sogar ein Vielfaches davon ermöglicht.

Sehr hohe Sicherheit der Datenübertragung wird durch Adaption und bevorzugten Einsatz von IPSEC und VPN Standards (Virtual Private Network)

erreicht. Dadurch hat der mobile Benutzer die Sicherheit, dass die Daten nur von berechtigten Personen oder Anwendungen eingesehen werden können.

Das erfindungsgemäße Netzwerkelement ermöglichen die Errichtung einer
5 beliebig großen flächendeckenden Netzwerkzugangszone für WLAN
Netzwerke für den stationären Zugang oder auch durch Roaming-
Funktionalität für mobile Nutzer.

Der Einsatz von erfindungsgemäßen Netzwerkelementen ermöglicht den
10 „echten“ kabellosen Betrieb von WLAN Hotspots. Es besteht keine
Notwendigkeit für kabelgebundene Ethernet-Verbindungen zwischen den
erfindungsgemäße Netzwerkelement aufgrund der begrenzten Anzahl von
möglichen Netzwerkzugängen, um Roaming oder andere
Infrastrukturmaßnahmen zu ermöglichen.

15 Die bis zu vier voneinander unabhängigen WLAN Interfaces ermöglichen die
dedizierte Zuweisung von Bandbreite für z.B. Infrastrukturkommunikation von
erfindungsgemäße Netzwerkelement untereinander oder mit übergeordneten
Systemen. Für spezielle Anwendungen sind sogar gemischte .11g und .11a
20 Sende-/Empfangseinheiten realisierbar, um überlappende, voneinander
allerdings unabhängige Netzwerkzugangszonen zu schaffen.

Jedem Netzwerknutzer kann Bandbreite als absoluter oder prozentualer Anteil
der jeweiligen verfügbaren Interfaces garantiert werden. Bei Vollausbau unter
25 guter Linkqualität eines erfindungsgemäßen Netzwerkelements stehen jedem
Netzwerknutzer durchschnittlich 2 Mbit/s brutto zur Verfügung.

Herstellerunabhängigkeit von Zugangs- und Abrechnungssystemen wird durch
„Transparentes Routing“ von Authentifizierungs-, Autorisierungs-, Metering-
30 und Roamingprotokolle durch das erfindungsgemäße Netzwerkelement
ermöglicht.

Automatisierte „On-Air Software-Upgrades“ sind möglich, um auf zukünftige Anwendungen und Sicherheitsstandards vorbereitet zu sein.

Ein enges Netzwerk von erfindungsgemäßen Netzwerkelementen erhöht den „Quality of Service“ Faktor sowie die Performance von Datendiensten durch die selbstständige Reorganisation unter Implementierung einer redundanten Netzstruktur.

Das erfindungsgemäße Netzwerkelement ermöglichen Reichweiten von bis zu 400 m unter Einsatz von Rundstrahlantennen großer Öffnungswinkel und von bis zu 5000 m im Außenbereich durch den Einsatz von Richtantennen kleiner Öffnungswinkel. Im Innenbereich sind Reichweiten von bis zu 100 m realisierbar. Durch einen großzügigen Verzicht auf Bandbreite lassen sich sogar noch größere Reichweiten in allen Außenbereichen realisieren.

Netzwerkzugangszone

Erfindungsgemäße Netzwerkelemente gruppieren sich selbständig und kabellos zu einem flächendeckenden WLAN Cluster und ergeben somit eine Netzwerkzugangszone.

Alle erfindungsgemäßen Netzwerkelemente einer Netzwerkzugangszone organisieren sich selbständig aufgrund von Veränderungen der Netzwerk-Topologie, zum Beispiel durch das Hinzufügen oder Entfernen von erfindungsgemäßen Netzwerkelementen, immer unter dem Aspekt höchster Verfügbarkeit und Redundanz der Netzstruktur.

Figur 25 zeigt exemplarisch eine Netzwerkzugangszone mit kabellosem Roaming-Zugang von mobilen Nutzern über handelsübliche Laptops oder PDAs mit WLAN 802.11 Standard Hardware sowie den kabelgebundenen Zugang über die Ethernet-Schnittstelle eines stationären Nutzers (Desktop PC).

802.11 Hotspot

Die erfindungsgemäßen Netzwerkelemente sind mit dem WLAN IEEE 802.11g Standard zu 100% abwärtskompatibel zum WLAN IEEE 802.11b Standard, welcher zur Zeit die größte Verbreitung bei mobilen Nutzern findet.

- 5 Durch die hohe verfügbare Bandbreite des 802.11g WLAN Standards ist es möglich, einer größeren Anzahl von Nutzern eine stabile Verbindung mit einer geringeren Bandbreite unter höheren „Quality of Service“ Aspekten zu garantieren. Darüber hinaus kann eine Zuordnung von Benutzergruppen zu „Quality of Service“ Klassen vorgenommen werden. Dies erlaubt den Einsatz
10 von flexiblen Abrechnungsmodellen für mobile Nutzer.

Die Bandbreite des erfindungsgemäßen Netzwerkelements kann mit bis zu vier physikalischen .11g Interfaces zur Zeit auf 216 Mbit erhöht werden. In Zukunft ist eine Erweiterung auf .11n Standard mit bis zu 180 Mbit je Interface
15 geplant.

Dies kann bei sogenannten Hotspots, wie in Figur 26 dargestellt, besonders vorteilhaft genutzt werden.

20 (Wireless) LAN Adapter

Stationäre Benutzer (Desktop PC) haben mit dem erfindungsgemäßen Netzwerkelement über eine kabelgebundene Ethernet-Schnittstelle oder über den integrierten USB Port Zugriff auf eine Netzwerkzugangszone, wie in Figur 27 dargestellt.

25

Die Ethernet-Schnittstelle bietet zusätzlich die Möglichkeit der Stromversorgung des erfindungsgemäßen Netzwerkelements („Power Over Ethernet“ – POE). Dies verhindert einen „Kabelsalat“ zwischen Strom- und Netzkabel.

30

Alle in den Figuren 25 bis 27 angeführten Einsatzmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Netzwerkelements sind gleichzeitig verfügbar. Ein denkbare Szenario würde sich entsprechend wie in Figur 28 darstellen:

Durch die Kombination von Outdoor und Indoor Varianten des Netzwerkelementes ergeben sich großflächige Netzwerkzugangszonen, welche die Ausmaße von ganzen Städten annehmen können. Der Einsatz von

5 Zugangs- und Abrechnungssystemen (Autorisierung, Authentifizierung und Metering) in Netzwerkzugangszonen ermöglicht den kontrollierten und für den Provider transparenten Zugang der mobilen Nutzer an beliebigen Punkten der Zugangszone.

- 10 Eine Netzwerkzugangszone ist ein Raum mit der Größe r^3 , in dem kabellose Datenübertragung für mobile Endgeräte – im folgenden als Netzwerknutzer bezeichnet – (wie z.B. Laptops, Personal Digital Assistants (PDAs)) ausgestattet mit WLAN Technologie auf Basis einer der IEEE 802.11 Standards, möglich ist.

- 15 Eine Netzwerkzugangszone wird mit Hilfe von Netzwerkelementen gebildet, wobei jedes erfindungsgemäße Netzwerkelement eine Netzwerkzugangszone mit der Größe r^3 errichtet. Durch die räumliche Positionierung von mehreren Netzwerkelement wird die Netzwerkzugangszone räumlich erweitert, das heißt
- 20 die räumliche Ausdehnung der orts-unabhängigen mobilen Datenübertragung (innerhalb der Netzwerkzugangszone) wird erhöht.

- Zusätzlich wird durch das Hinzufügen von weiteren erfindungsgemäßen Netzwerkelementen innerhalb der Netzwerkzugangszone der Datendurchsatz
- 25 durch Redundanz der Verbindungen zwischen den Netzwerkelementen und somit die allgemeine Stabilität der Netzwerkzugangszone erhöht.

WLAN Schnittstelle oder auch Sende/Empfangseinheit

- Eine WLAN Schnittstelle setzt sich aus Hardware Komponenten wie z.B.
- 30 Chipsatz, Antenne, Software, etc. zusammen. Sie dient als kabellose Kommunikationsschnittstelle zwischen Computern. Diese Sende-/Empfangseinheiten sind bereits zahlreich am Markt erhältlich, als sogenannte Add-On

Geräte mit einem PC verbunden oder bereits als integraler Bestandteil eines Laptops oder PDAs.

WLAN Standards

- 5 Es werden drei verschiedene WLAN Standards unterschieden, welche bereits am Markt als Produkte erhältlich sind: IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11a. Dabei ist anzumerken, dass die Standards hinsichtlich der Datenübertragungsrate unterschiedlich sind und nur 802.11b und 802.11g sind miteinander kompatibel.

10

Netzwerknutzer

- Dies sind mobile Nutzer mit einem Laptop oder Personal Digital Assistant (PDA) mit einer WLAN Schnittstelle. Es ist jedoch auch möglich, stationäre PC-Nutzer, welche mit einer WLAN Schnittstelle ausgestattet sind, ebenfalls
15 kabellos an das Netzwerk anzubinden.

Netzwerkelement

- Das erfindungsgemäße Netzwerkelement ist eine Hardware und Software Plattform zur Errichtung von Netzwerkzugangszonen. Die Plattform besteht
20 aus wahlweise 1, 2 oder 4 Sende-/Empfangseinheiten auf Basis der IEEE 802.11b, IEEE 802.11g oder IEEE 802.11a Standards (mit wahlweise gerichteten Antennen und Rundstrahlantennen) und ist in der Lage, kabellose Verbindungen mit räumlich nahegelegenen erfindungsgemäßen Netzwerkelementen zu errichten, sowie kabellose Verbindungen mit
25 Netzwerknutzern zu errichten. Ein erfindungsgemäßes Netzwerkelement besitzt eine WLAN Reichweite von r^2 . Innerhalb dieser Reichweite ist eine kabellose Datenkommunikation zu einem weiteren erfindungsgemäßen Netzwerkelement bzw. Netzwerknutzer möglich. Die Summe aller erfindungsgemäßen Netzwerkelemente ergeben eine Netzwerkzugangszone.

30

Netzwerkzugangszone

Eine Netzwerkzugangszone ist ein Raum mit einer Größe r^3 , in welchem kabellose Datenübertragung an einem beliebigen Ort in diesem Raum möglich ist.

5

Datenübertragung

Drei verschiedene Arten der Datenübertragung werden innerhalb einer Netzwerkzugangszone mit der räumlichen Ausdehnung r^3 unterschieden:

- die Datenübertragung zwischen zwei Netzwerknutzer,
- 10 - die Datenübertragung zwischen einem Netzwerknutzer und einem erfindungsgemäßen Netzwerkelement und
- die Datenübertragung zwischen einem Netzwerknutzer und einem beliebigen Rechner im Internet.

Qualität einer Verbindung

Eine Qualität einer Verbindung für die Nutzung zur Datenübertragung wird in Kbit/s oder Mbit/s quantifiziert. Ein Beispiel: Zwei Verbindungen stehen zur Auswahl. Verbindung 1 mit Qualität 2 Mbit/s und Verbindung 2 mit Qualität 500 Kbit/s. Verbindung 1 wird bevorzugt ausgewählt. Die Qualität einer
20 Verbindung kann jedoch auch in Anzahl der Hops zwischen zwei Netzwerkelementen gemessen werden. Bei der Feststellung der Qualität einer Verbindung wird der durchschnittliche SNR (Rauschabstand) herangezogen. Je größer der durchschnittliche Rauschabstand einer Verbindung, desto höher ist die Bewertung dieser Verbindung bzw. der Metrik einer Route, welche
25 diese Verbindung verwendet.

Bandbreite

Die Möglichkeit der gleichzeitigen Übertragung von Datenpaketen zu einem Zeitpunkt T über eine Datenübertragungs-Schnittstelle. Wird wahlweise in
30 Kbit/s oder Mbit/s angegeben.

Netzwerkelement Traffic

Die Summe der gerouteten Datenpakete in einem Netzwerkelement, welche nicht für das „lokale“ Netzwerk (für Netzwerknutzer) bestimmt sind.

5

Netzwerknutzer Traffic

Die Summe der Datenpakete in einem Netzwerkelement, welche für Netzwerknutzer geroutet werden.

10 *Repeater*

Ein Repeater ist für die Weiterleitung von Funksignalen verantwortlich.

Router

Ein Router ist für die Weiterleitung von Datenpaketen verantwortlich ->
15 Routing.

Internet Gateway

Eine Schnittstelle zwischen zwei Netzwerken, der Netzwerkzugangszone und
20 dem Internet.

(Grund-)Funktionalität einer Netzwerkzugangszone

Die Grundfunktionalität einer Netzwerkzugangszone ist genau dann erfüllt,
wenn jedes Netzwerkelement in dieser Netzwerkzugangszone mit jedem
25 anderen Netzwerkelement in dieser Netzwerkzugangszone innerhalb einer
Zeitspanne Z eine Verbindung erstellen kann. Dies legt implizit fest, dass ein
jeder Netzwerknutzer innerhalb dieser Netzwerkzugangszone mit jedem
anderen Netzwerknutzer innerhalb dieser Netzwerkzugangszone eine
Verbindung erstellen kann.

30

Stabilität einer Netzwerkzugangszone

Die Stabilität einer Netzwerkzugangszone ist beeinträchtigt, wenn die Grundfunktionalität der Netzwerkzugangszone nicht gewährleistet ist.

Dieser Abschnitt beschreibt die grundlegenden physikalischen („mechanischen“) Vorgänge in einer Netzwerkzugangszone. Ausgehend von der Bildung einer Netzwerkzugangszone bis zur grundlegenden Inter-
5 Kommunikation der Netzwerkelemente (Verbindungen).

Eine Netzwerkzugangszone kann an beliebigen Orten errichtet werden. Die Ausdehnung einer Netzwerkzugangszone ist die Summe (Überlagerung) der Ausdehnung aller Netzwerkelemente in einer Netzwerkzugangszone. Das
10 statische Modell zeigt jeweils eine Momentaufnahme einer Netzwerkzugangszone, ohne den zeitlichen Faktor t zu berücksichtigen.

Statisches Modell

Figur 5 zeigt die einfachste Form einer Netzwerkzugangszone 7. Ein
15 erfindungsgemäßes Netzwerkelement 1 bildet eine Netzwerkzugangszone 7 mit der räumlichen Ausdehnung r^3 (dreidimensionalen Raum) und einem Radius der Ausdehnung mit der Länge r (und Durchmesser $2r$).

Figur 6 zeigt eine Ausbaustufe einer Netzwerkzugangszone 7 mit zwei
20 erfindungsgemäßen Netzwerkelementen 1. Die räumliche Ausdehnung r^3 der Netzwerkzugangszone 7 wird durch das Hinzufügen eines weiteren Netzwerkelements 1 erhöht. Dabei ist zu beachten, dass eine Erweiterung der Netzwerkzugangszone nur möglich ist, wenn der Abstand zwischen zwei Netzwerkelementen nicht größer ist als der Radius r .

25 Figur 7 zeigt eine weitere Ausbaustufe der Netzwerkzugangszone 7 mit 7 erfindungsgemäßen Netzwerkelementen 1. Der Ausbau einer Netzwerkzugangszone 7 kann beliebig vergrößert werden. Es gibt keine Einschränkung bei der Anzahl der Netzwerkelemente 1.

30 Die räumliche Ausdehnung r^3 eines erfindungsgemäßen Netzwerkelements 1 kann durch bestehende Bebauung eines Raumes (z.B. Gebäude, elektromagnetische Störfaktoren, etc.) beeinträchtigt werden. Dadurch ergibt sich ein realistisches Szenario der räumlichen Ausdehnung r^3 einer

Netzwerkzugangszone 7, wie Figur 8 zeigt. Es sind auch mehrfache räumliche Verbindungen mit der Länge des Radius $\leq r$ zwischen den Netzwerkelementen 1 möglich. Die Netzwerkelemente 20, 30 und 40 weisen Mehrfachverbindungen mit der Länge \leq Radius r auf.

5

Das Netzwerkelement 80 ist kein vollwertiges Mitglied der Netzwerkzugangszone, da das Element 80 außerhalb der Reichweite mit der Radiuslänge r liegt. Es ist jedoch möglich, durch Positionierung eines weiteren Netzwerkelements die „Lücke“ zu schließen und das Element 80 als
10 vollwertiges Mitglied der Netzwerkzugangszone einzubinden (Laufzeitmodell).

Das Laufzeitmodell zeigt die physikalischen Vorgänge in einer Netzwerkzugangszone im Kontext des Zeitparameters t . Dies zeigt eine wesentliche Eigenschaft einer Netzwerkzugangszone und deren
15 Netzwerkelemente auf: Spontane Verbindungen zwischen zwei Netzwerkelementen sind möglich, das heißt, bei Betrachtung im zeitlichen Kontext ist ersichtlich, dass nach Unterbrechung einer Verbindung zwischen zwei Netzwerkelemente (z.B. durch elektromagnetischen Störeinfluss) von beiden Netzwerkelementen versucht wird, die Verbindung so schnell als
20 möglich wieder herzustellen. Dies zeigt Figur 9.

Jedes Netzwerkelement 1 in einer Netzwerkzugangszone 7 versucht zu jedem Zeitpunkt T möglichst viele Verbindungen mit räumlich naheliegenden Netzwerkelementen 1 (\leq Länge des Radius r) einzugehen, um die Stabilität
25 und Redundanz der Netzwerkzugangszone 7 ständig zu verbessern. Jedes Netzwerkelement 1 trägt somit pro-aktiv zur Verbesserung der Performance des Gesamtsystems – der Netzwerkzugangszone 7 – bei.

Die Summe aller Verbindungen zwischen Netzwerkelementen 1 in einer
30 Netzwerkzugangszone 7 zu einem Zeitpunkt t_0 sind mit hoher Wahrscheinlichkeit ungleich der Summe aller Verbindungen zwischen Netzwerkelementen 1 der selben Netzwerkzugangszone 7 zu einem Zeitpunkt

t1, ohne dass die Stabilität und Funktionalität des Gesamtsystems – der Netzwerkzugangszone – beeinträchtigt ist.

Verbindungen zwischen Netzwerkelementen und Netzwerknutzern

5 Statisches Modell

Netzwerknutzer 2 können innerhalb der räumlichen Ausdehnung r^3 der Netzwerkzugangszone 7 eine kabellose Datenverbindung zu einem Netzwerkelement 1 auf Basis einer der WLAN Standards erstellen. Dies ist unabhängig vom jeweiligen Ort des Netzwerknutzer 2 (innerhalb der
10 Netzwerkzugangszone 7). Dies zeigt Figur 10.

Dabei erfolgt die Auswahl der Verbindung des Netzwerkelements 1 aufgrund der Qualität der Verbindung; das heißt Verbindungen mit hoher Qualität werden bevorzugt ausgewählt. Dies zeigt Figur 11.

15

Dynamisches Modell

20 Im zeitlichen Verlauf werden stets die Qualität der Verbindungen beurteilt und entsprechend aktiviert. Dies ist besonders im Zusammenhang mit mobilen Netzwerknutzer von großer Bedeutung.

Aus Sicht des mobilen Netzwerknutzer handelt es sich bei dem Beispiel in
25 Figur 12 um eine ständige und unterbrechungsfreie Verbindung mit möglicherweise wechselnden Qualitäten der Verbindung.

Verbindungen zwischen Netzwerkelementen

Die folgenden Vorgänge finden ausschließlich im Kontext des zeitlichen
30 Verlaufs statt.

Auffinden einer Adresse

In der Netzwerkzugangszone wird mit Hilfe eines auf ARP (Address Resolution Protokoll) basierenden Protokolls die jeweilige Adresse des Netzwerkelements gefunden.

5 Routing der Datenpakete

Es werden zwei grundlegende Mechanismen unterschieden, um ein erfolgreiches Routing von Datenpaketen durch die Netzwerkzugangszone zu ermöglichen: die *Routen Berechnung* und die *Routen Instandhaltung*. Beide Mechanismen können bei Bedarf – „On Demand“ – aktiviert werden.

10

Routen Berechnung

Dieser Mechanismus tritt in Kraft, wenn ein erstes Netzwerkelement 1 ein Datenpaket an ein zweites Netzwerkelement 1 sendet und das erste Netzwerkelement dafür die Routing-Information aufgrund dieses Mechanismus erhält. Dieser Mechanismus tritt nur dann in Kraft, wenn ein
15 erstes Netzwerkelement 1 ein Datenpaket an ein zweites Netzwerkelement 1 sendet und noch keine Routing-Information besitzt. Zur Berechnung der Route werden also allgemein gesprochen die Nachbar-Netzwerkelemente durch das Link Discovery Protocol entdeckt und mit Hilfe eines Meshing Protocols
20 werden die Routing-Einträge im Netzwerk verbreitet. D.h. es geht letztlich um die dynamische Erstellung einer Routing-Tabelle. Der Routing Algorithmus ist vorzugsweise ein Shortest-Path Algorithmus.

Routen Instandhaltung

25 Dieser Mechanismus tritt in Kraft, wenn ein erstes Netzwerkelement 1 bereits Datenpakete an ein zweites Netzwerkelement 1 sendet und das erste Netzwerkelement dabei entdeckt, dass die Routing-Information nicht mehr korrekt ist, da die Route z.B. unterbrochen ist oder das zweite Netzwerkelement 1 nicht mehr existiert. Das erste Netzwerkelement 1 wird
30 versuchen, eine andere Route zum zweiten Netzwerkelement zu finden, gegebenenfalls unter Verwendung dieses Mechanismus.

Routen Cache

Jedes Datenpaket enthält die gesamte Routing-Information von der Quelle zum Ziel. Jedes Netzwerkelement, welches ein Datenpaket zum nächsten Netzwerkelement weiterreicht, speichert die Routing-Information des Datenpakets in einem lokalen Routen Cache. Dies erlaubt eine sehr schnelle
5 Reaktion auf sich verändernde Routen durch die gesamte Netzwerkzugangszone. Fehlerhafte Routen, welche z.B. unterbrochen sind (durch Ausfall eines Netzwerkelements), werden durch alternative Routen aus dem Routen Cache – wenn vorhanden – ersetzt, um das Paket weiterzuleiten. Es wird möglicherweise eine alternative Route gefunden und somit wird keine
10 weitere Routen Berechnung benötigt. Dies hat erheblichen Einfluss auf die Performance der gesamten Netzwerkzugangszone.

Datenkommunikation

Die bidirektionale Datenkommunikation zwischen zwei Netzwerkelementen 1
15 wird mit Hilfe von Mechanismen durchgeführt, basierend auf dem Versenden und Empfangen von IP Paketen.

20 Verbindungen zwischen Netzwerknutzer

Dies stellt eine Kombination der Mechanismen der Punkte Verbindungen zwischen Netzwerkelementen 1 und Netzwerknutzern 2 und Verbindungen zwischen mehreren Netzwerkelementen 1 dar. Figur 13 zeigt die Verbindung zwischen zwei mobilen Netzwerkelementen 1. Zu jedem Zeitpunkt im
25 zeitlichen Verlauf t ist eine Datenkommunikation zwischen zwei mobilen Netzwerknutzern 2 möglich. Aus Sicht des Netzwerknutzers 2 handelt es sich hierbei um eine ständige und unterbrechungsfreie Verbindung mit möglicherweise wechselnden Beschaffenheiten (Qualitäten) der Verbindung.

30 Verbindungen zwischen einem Netzwerknutzer 2 und dem Internet 4

Dies stellt eine Kombination der Mechanismen der Punkte Verbindungen zwischen Netzwerkelementen 1 und Netzwerknutzern 2 und Verbindungen zwischen mehreren Netzwerkelementen 1 dar. Ein oder mehrere

Netzwerkelemente 1 übernehmen dabei die Rolle als Gateway in das Internet 4. Figur 14 zeigt eine ständige und unterbrechungsfreie Verbindung zwischen einem Netzwerknutzer 2 und einem Netzwerkelement 1, welcher als Gateway ins „Internet“ 4 dient. Dabei ist zu beachten, dass ständig eine optimale Route für die Datenkommunikation gewählt wird; die Route wird immer hinsichtlich des räumlich nächstgelegenen Gateways aufgrund der jeweiligen Position des Netzwerknutzers 2 gewählt.

Es ist hinzuzufügen, dass zwei physikalisch unabhängige Netzwerkzugangszonen 7 über das Internet 4 miteinander „verbunden“ werden können, so dass alle Netzwerkelemente inkl. Netzwerknutzer innerhalb dieser zwei Netzwerkzugangszonen in Verbindung treten können. Dies zeigt Figur 15.

Kontext-sensitives Routing

Es existiert eine Abhängigkeit zwischen den Routing-Mechanismen und den Anforderungen des Netzwerknutzers (Kontext). Der Netzwerknutzer steht mit den Anforderungen immer im Mittelpunkt und ist die Basis für das Inkrafttreten des jeweiligen Routing-Mechanismus. Wird z.B. eine Verbindung zwischen Netzwerknutzer und dem „Internet“ gewünscht, richtet sich der Fokus des Routing Mechanismus auf das Finden des räumlich nächstgelegenen Gateways und der Optimierung der Route durch die Netzwerkzugangszone.

Im Falle der Interkommunikation zwischen zwei Netzwerknutzern richtet sich der Fokus des Routing Mechanismus auf das Finden der optimalen Route zwischen den Netzwerknutzern.

Hardware-Architektur

Die Hardware-Architektur des erfindungsgemäßen Netzwerkelements ist bevorzugt modular aufgebaut: es gibt drei bevorzugte Basiskomponenten des erfindungsgemäßen Netzwerkelements, welche die Basiskonfiguration darstellen

- Logik-Board (CPU und Speicher) bzw. Steuereinheiten 11 und Datenspeicher 15
- Schnittstellen Board 13 (Input und Output Schnittstellen wie z.B. Ethernet, USB, Stromversorgung)
- 5 - Sende/Empfangseinheiten 12 (2x IEEE 802.11g)

Diese Konfiguration stellt die gesamte Basisfunktionalität – vergleichbar mit einem handelsüblichen PC – zur Verfügung. Die Module sind über eine definierte Hardware-Schnittstelle miteinander verbunden und somit ist jedes
10 Modul austauschbar.

Dabei ist zu beachten, dass die maximale Höhe sowie Breite der Boards die Größe von bevorzugt 55 mm nicht überschreiten. Eine schematische Darstellung zeigt Figur 16.

15 Das Gehäuse des erfindungsgemäßen Netzwerkelements ist bevorzugt würfelförmig und wetterfest. Dies zeigt Figur 17. Die Stromversorgung erfolgt wahlweise über ein externes 9V Netzgerät oder über PoE (Power over Ethernet) – die Stromversorgung über das Ethernet-Kabel.

20 Der Netzwerkelement kann alternativ mit einem Lithium-Ionen Akkumulator betrieben werden, welcher bevorzugt in einem zusätzlichen würfelförmigen Gehäuse untergebracht ist (Batterie).

Das WLAN Schnittstellen-Board besteht aus zwei getrennten IEEE 802.11g
25 Chipsätzen und zwei Antennen. Dabei ist jeweils eine Sende-/ Empfangseinheit 12 für den Netzwerkelement Datenaustausch (Traffic) bzw. Netzwerknutzer Datenaustausch Traffic reserviert.

Software-Architektur

30 Die Software-Architektur ist auf die jeweilige Hardware-Konfiguration des Netzwerkelements optimal abgestimmt. Software-Module für zusätzliche Hardware-Komponenten auf Basis des Netzwerkelements können dynamisch

während der Laufzeit hinzugefügt werden, ohne dass das Gesamtsystem dadurch beeinträchtigt wird.

Weiter „erkennt“ das Netzwerkelement den jeweiligen Einsatzzweck als
5 Gateway, Router, DHCP Server, Webserver oder Firewall und die Konfiguration wird „automatisch“ durchgeführt.

Traffic Shaping

Der Bedarf an Bandbreite aufgrund hohen Datenverkehrs zwischen
10 Netzwerkelementen bzw. Netzwerknutzern wird dynamisch und unterbrechungsfrei vom erfindungsgemäßen Netzwerkelement geregelt.

Ein Beispiel: Bei hohem Netzwerkelemente Traffic und niedrigem
Netzwerknutzer Traffic wird ein Teil der verfügbaren Bandbreite der
15 Netzwerknutzer Schnittstelle bzw. Sende-/Empfangseinheit der Netzwerkelemente Sende-/ Empfangseinheit zugewiesen.

Software

Die Prozesse des interaktiven Netzwerkelements können in einen interaktiven
20 Teil von Arbeitsabläufen, welcher durch Aktionen von Netzwerknutzern (d.h. Ändern von Einstellungen mittels der Konfigurationswebsite) ausgelöst wird und einen automatischen Teil von Arbeitsabläufen, welcher durch Backend-Anwendungen wie Monitor Agents, Trigger Agents oder SNMP Kontroller ausgelöst wird, unterteilt werden.

25 Aus der Perspektive der Anwendungen werden „automatische“ Verarbeitungsabläufe in Folge unterschiedlicher Aktionen gestartet: Z.B. Parameter wie die Signalqualität oder die Einträge der Routing Tabellen ändern sich. Monitor und Trigger Agenten sind implementiert, um Aktionen,
30 welche durch Veränderungsereignisse oder sonstige Ereignisse ausgelöst werden und solche des eigentlichen Arbeitsablaufes, voneinander zu trennen.

Zusätzlich wurde eine Abstraktions-Layer geschaffen, um elementare Dienste wie DHCP, DNS oder HTTP von der Anwendungsebene zu trennen und somit eine übliche Schnittstelle zur Verfügung zu stellen und diese Dienste zu parametrisieren (Config Manager).

5

Target Architecture

Aus Sicht einer Anwendung verwendet das Netzwerkelement eine Abwandlung des GNU/Linux Systems, was einer Aufteilung des Systems in zwei Teile entspricht, nämlich die User-Workspace Domain und die Kernel Workspace Domain.

10

Zusätzlich zu dieser Basisarchitektur ist zwischen anwendungsspezifischen Komponenten, welche in der Architecturebene und wiederverwendbaren Komponenten zwischen den Anwendungen, welche im Enterprise Layer zusammengefügt sind, zu unterscheiden. Der Enterprise Layer weist Komponenten auf, welche domainspezifisch sind, d.h. Komponenten, die für eine bestimmte Domain üblich sind (Config Manager). Mehr als eine Anwendung kann Komponenten des Enterprise Layer benutzen. Dies ist in Figur 18 dargestellt.

20

Es sollte erwähnt werden, dass ein Anwendungs-Layer als ein "Business Component System" angesehen werden kann, welches die Logik und Intelligenz der Kernanwendung des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes aufweist.

25

Grundsätzlich wird zwischen drei Stereotypen von Komponenten unterschieden: den sogenannten Agenten, Managern und Kontrollern.

Allgemeines Design Prinzip

Der Anwendungs-Layer besteht aus Komponenten, welche (Business-) Agenten genannt werden: Agenten implementieren Business Rules (Aktivitäten), indem sie elementare Dienste, welche von den Managern des Enterprise Layer bereitgestellt werden, benutzen. Im allgemeinen kann ein

Agent mehr als einen Dienst von mehr als einem Manager kombinieren. Agenten verschachteln Datenflüsse im Kontext des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes und einem System aus erfindungsgemäßen Netzwerkelementen verschachteln die Agenten einzelne Schritte aus z.B.
5 Stoppen, Konfigurieren und Neustarten von elementaren GNU / Linux Diensten durch die Benutzung des Config Manager (Enterprise Layer). Die Wiederverwendbarkeit von Agenten ist beschränkt.

Der Enterprise Layer beinhaltet sogenannte Manager: Ein Manager stellt
10 Dienste zur Verfügung. Ein Manager kann Dienste, welche von anderen Manager angeboten werden, benutzen. Ein Controller kontrolliert den Arbeitsablauf der Aktionen der Nutzer, d.h. die Nutzeraktionen der Konfigurationswebsite des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes.

15 Dynamisches Model (Mechanismus)

Die Figuren 19 – 24 stellen drei elementare Mechanismen der Kernmerkmale des erfindungsgemäßen Netzwerkelementes dar:

Die Suche nach neuen Verbindungen (Link Discovery), das
20 Verbindungszustandsprotokoll (Link State Protokoll), welches Teil des drahtlosen Infrastrukturnetzwerkes ist und physikalisch vom drahtlosen Netzwerk der Netzwerknutzer getrennt ist und den Roaming Mechanismus der Netzwerknutzer bzw. -user beinhaltet.

25 Das Link Discovery Protokoll stellt einen medien-unabhängigen Mechanismus zur Verfügung, um Nachbarn in einem mobilen Ad-hoc Netzwerk zu entdecken und ist fähig zu bestimmen, ob Verbindungen unidirektional oder bidirektional sind. Zusätzlich wird eine Verbindungsmetrik zu jedem Eintrag in der IP Adressentabelle zugeordnet, welcher auf einem Durchschnittswert der
30 durchschnittlichen gemessenen Verbindungssignalqualität über der Zeit basiert.

Das Link State Protokoll stellt die Verteilung der Einträge der Routing Tabelle (inklusive der IP Adressen) innerhalb des Netzwerkes sicher.

5 Der Roaming Mechanismus der Netzwerknutzer ermöglicht eine unterbrechungsfreie und mobile drahtlose Verbindung zum erfindungsgemäßen Netzwerk.

Vorkonfiguration des Netzwerkelements

10 Das Netzwerkelement ist vorkonfiguriert mit einer nur einmal vorhandenen IP Adresse auf der Basis des öffentlich verfügbaren 32bitIPv4 Adressbereiches. Zusätzlich enthält jedes Netzwerkelement seinen eigenen einzigartigen digitalen Fingerabdruck (Fingerprint oder Certificate) aus Sicherheitsgründen.

15 Zwei physikalisch getrennte drahtlose Schnittstellen (Sendeempfangseinheiten) bewirken eine klare Trennung zwischen den Verbindungen der drahtlosen Netzwerknutzer und den drahtlosen Infrastrukturverbindungen für die drahtlose Kommunikation zwischen Netzwerkelementen. Diese einfache Methode antizipiert die Kollision von Datenpaketen von Netzwerknutzern und dem Infrastruktumnetzwerk und
20 garantiert ein Maximum an verfügbarer Bandbreite für beide Netzwerke.

Link Discovery Protokoll

25 Die wichtigsten Mechanismen des Link Discovery Protokoll sind in Figur 19 dargestellt. Die Sende-/Empfangseinheit (IP interface) des Netzwerkelementes sendet periodisch eine UDP Datagram Message an einen bekannten Port eines benachbarten Netzwerkelements (wenn es drahtlos erreichbar ist). Diese Nachricht hat ein Format wie in Figur 20 dargestellt. Das Informationstypfeld ermöglicht, dass eine Nicht-Discovery-Nachricht als solche
30 identifiziert werden kann. Die Nachricht enthält ebenfalls eine Liste von benachbarten Schnittstellenadressen, von denen Discovery-Nachrichten auf der IP Schnittstelle innerhalb einer bekannten Zeitdauer empfangen werden.

Die Liste der Adressen wird benutzt, um bidirektionale Verbindungen zu ermitteln. Eine bidirektionale Verbindung wird hergestellt.

Der Fingerprint (also die Authentifizierungsinformation 23) des
5 Netzwerkelements mit der IP Adresse 10.0.1.0 wird zum "neuen"
Netzwerkelement übertragen um festzustellen, ob es ein gültiges
Netzwerkelement mit einem Zertifikat einer Zertifizierungseinrichtung ist. Ist
das Zertifikat gültig gemäß der Zertifizierungsautorität, wird das Zertifikat des
"neuen" Netzwerkelementes übermittelt. Ist das Zertifikat des "neuen"
10 Netzwerkelementes ebenfalls gültig, ist es möglich, den Datenverkehr über die
neue drahtlose Verbindung einzurichten. So kann auch eine Virtual Private
Network Verbindung (VPN) zwischen beiden Netzwerkelementen aufgebaut
werden, um sicher drahtlos Datenpakete zu versenden.

15 Link State Protokoll

Das Netzwerkelement versendet periodisch seine eigenen Link State
Datenpakete (LSP) oder auch Verbindungsstreckeninformation 22 und
Verbindungsbeschaffenheitsinformation 21 zu jeder Schnittstelle, welche an
dem Protokoll teilnimmt. Die LSPs basieren auf den Netzwerkelementen und
20 erlauben jedem Netzwerkelement die volle Topologie-Information für das
gesamte Ad-hoc Netzwerk zu erhalten. Aus seiner Topologie-Datenbank, in
welcher die Verbindungsbeschaffenheitsinformation 21 und die
Verbindungsstreckeninformation 22 enthalten ist, kann ein Netzwerkelement
nach dem Prinzip einer Kostenminimierung Routen zu allen anderen
25 Netzwerkelementen in dem Ad-hoc Netzwerk berechnen. Dies ist ebenfalls in
Figur 19 dargestellt.

Die LSPs zeigen jeder Schnittstelle (jedem Netzwerkelement) auf dem Weg
an, welche Adressen ihre Nachbarn (benachbarte Netzwerkelemente)
30 besitzen. Ebenfalls wird angezeigt, ob und zu welchen Kosten diese
Verbindungen bestehen (Metrik).

Die Skalierbarkeit wird durch eine Technik, welche als Fish-Eye Routing bekannt ist, verbessert. Hierdurch wird die Auflösung der Netzwerkkarte eines Netzwerkelementes mit zunehmender Entfernung bzw. zunehmender Hop-Distanz (Hop ist die Anzahl der dazwischen liegenden Netzwerkelemente) von dem Netzwerkelement verringert. Dies wird dadurch erreicht, dass die Rate, mit welcher die LSPs durch das Netzwerk wandern, mit zunehmender Entfernung von deren Quelle reduziert wird.

Die UDP Datagramm Nachricht hat ein Format wie in Figur 20 dargestellt. Diese Nachricht hilft LSP Nachrichten anzuzeigen. Die „Router ID“ wird genutzt, um das Netzwerkelement zu identifizieren, von welchem die Nachricht versendet wird, indem seine eigene IP-Adresse benutzt wird. Die „Sequenznummer“ wird benutzt, um jüngere LSPs von älteren zu unterscheiden. Dieses Feld wird erhöht, wenn das Netzwerkelement seine eigene LSP versendet. Das Feld „Alter des Datenpaketes“ zeigt an, in welchem Zeitraum die LSP gültig ist. Das Feld „Anzahl der Hops“ zeigt an, wie viele Hops von der Quelle der Nachricht die LSP gereist ist. Das Feld „Anzahl der Schnittstellen“ zeigt an, wie viele Schnittstellen der Quelle (Netzwerkelement) an dem Protokoll teilnehmen. Das „externe Routenfeld“ enthält eine externe Routeninformation.

Roaming Mechanismus von Netzwerknutzern

Der Roaming Mechanismus von Netzwerknutzern ermöglicht dem Nutzer, den mobilen Zugang zum drahtlosen Netzwerk. Darüber hinaus besitzt der Mechanismus auch eine Bedeutung für statische drahtlose Netzwerknutzer, weil ein Netzwerknutzer, welcher nahe zu zwei verschiedenen erfindungsgemäßen Netzwerkelementen ist, möglicherweise seine Zuordnung in Abhängigkeit von der Signalqualität (Verbindungsbeschaffenheitsinformation 21) ändern möchte. Das ist unabhängig von der Hardware-Ausstattung des Netzwerknutzers. Das Netzwerkelement muss den Abbruch einer aktiven Netzwerknutzerverbindung durch Neuzuordnung verhindern.

Die Figuren 21 bis 23 zeigen den Mechanismus, wie die Unterbrechung der drahtlosen Verbindung verhindert werden kann, wodurch es dem Netzwerknutzer ermöglicht wird, sich innerhalb des Netzwerkes zu bewegen.

5 Figur 21 zeigt die Zuordnung eines mobilen Netzwerknutzers 2 zu einem Netzwerkelement 1 des Netzwerkes. Der Netzwerknutzer 2 bekommt die IP Konfigurations-Information mittels eines DHCP Dienstes des Netzwerkelementes 1 (die Adresse des Netzwerknutzers ist Teil des Netzwerknutzer IP Adressenbereiches). Die Gateway IP Adresse bleibt
10 innerhalb des ganzen Netzwerkes dieselbe, und darüber hinaus bekommt der Netzwerknutzer 2 ebenfalls eine IP Adresse, welche einmalig innerhalb des Netzwerkes ist. Somit wird ermöglicht, dass eine echte End to End Verbindung besteht (d.h. Nutzerdefiniertes End-to-End-VPN-Tunneling durch das Netzwerk).

15

Figur 22 zeigt ein Roaming eines drahtlosen Netzwerknutzers 2.

Figur 23 zeigt die Neuverbindung eines drahtlosen Netzwerknutzers 2 mit einem weiteren Netzwerkelement 1. Es folgt eine ARP Nachfrage, welche den
20 Netzwerknutzer 2 zwingt den ARP Nachfragen nachzukommen und die IP Adresse und MAC Adresse (insbesondere Auflösung der Gateway Adresse) für das gerade zugeordnete Netzwerkelement aufzulösen. Der neue Routing Eintrag des Netzwerkelementes wird dem Netzwerk durch das Link State Protokoll und die entsprechenden Mechanismen mitgeteilt. Sodann stellt das
25 ursprünglich mit dem Netzwerknutzer in Verbindung gestandene Netzwerkelement fest, dass ein neuer Routing Eintrag gemeldet wurde, welcher Teil seiner eigenen Netzwerknutzer IP Adressen ist und vermerkt, dass diese IP Adresse nicht an neue drahtlose Netzwerknutzer vergeben werden kann.

30 Wenn ein Netzwerknutzer durch das Netzwerk von einem Netzwerkelement zum nächsten "wandert", erfolgt eine Re-Assoziation von einem Access Cube zum nächsten, d.h. wenn sich ein Netzwerknutzer in der räumlichen Nähe eines Netzwerkelements befindet, erfolgt eine Assoziation mit dem

Netzwerkelement auf MAC Layer (Medium Access Control)). Bei Verwendung von handelsüblichen Netzwerkelementen (Access Points) geht die Verbindung auf IP Layer bei der Re-Assoziation eines Netzwerknutzers (WLAN Clients) verloren. Um einen Wechsel ohne Verbindungsunterbrechung zwischen den
5 Netzwerkelementen (2 oder mehrere) zu bewerkstelligen, muss ein Mechanismus gefunden werden. Dieser wurde für das erfindungsgemäße Netzwerkelement entwickelt und besitzt die folgenden Schritte:

1. Ein Assoziations-Ereignis wird in einem Netzwerkelement entdeckt. D.h. der
10 Access Cube bemerkt, dass ein "neuer" WLAN Client assoziiert ist.
2. Ein Monitoring-Daemon, welcher permanent die ARP-Tabelle beobachtet, "bemerkt" eine bisher unbekannte IP Adresse. Unbekannte IP Adresse deshalb, da jeder Netzwerkelement einen Pool aus IP Adressen für WLAN Clients bereithält, und somit kann einfach festgestellt werden, ob es sich um
15 eine "lokale", aus dem Pool stammende Adresse handelt, oder um eine unbekannte, externe Adresse.
3. Der Monitoring-Daemon wartet solange, bis die zugehörige MAC-Adresse in der ARP-Tabelle erscheint.
4. Sobald die Relation zwischen MAC-Adresse und IP-Adresse hergestellt ist,
20 wird diese Host-Route im gesamten Netzwerk bekanntgegeben.
5. Dem Netzwerknutzer wird mitgeteilt, dass die IP-Adresse des Netzwerkelements das neue Gateway ist (ARP-Spoofing Mechanismus).

Die Figuren 20, 21 und 22 zeigen ebenfalls, dass die Routing Einträge von
25 verschiedenen oder sich aus dem Netzwerkzugangsbereich des Netzwerk entfernenden Netzwerknutzern nicht durch das Netzwerk weitergereicht werden. Das ursprüngliche, mit dem Netzwerknutzer in Verbindung gestandene Netzwerkelement kann die IP Adresse 10.0.3.1 einem neuen Netzwerknutzer übergeben.

30 Hardware Plattform

Die Hardware weist folgende Eigenschaften auf: kleine, insbesondere würfelförmige Dimensionen, ein optional wasserfestes Gehäuse (IP67), keine beweglichen Teile, geringe Leistungsaufnahme (ca. 3W), eine Ethernet

Schnittstelle, ein USB Host und eine USB Schnittstelle, Power over Ethernet (IEEE 802.3af Standard), 2 WLAN Interfaces (RP-SMA Anschlüsse), 500 MHz MIPS Prozessoren, 32 MB Flash Speicher und 64 MB RAM Speicher, sowie eine IEEE 802.1x Kompatibilität (EAP, Radius).

5

Die Software Plattform weist insbesondere auf: ein Link Discovery Protokoll, ein Link State Protokoll, Trigger Agenten, Monitor Agenten, Config Web Controller, Config Manager, DHCP Dienste, HTTP Dienste, DNS Dienste, IPSEC Dienste, SSH Dienste, CRON Dienste, PPPoE Dienste (DSL), SNMP Agenten, Perl und ein Paket Management System für "On-Air" Software Updates und Upgrades, ohne dass das Netzwerkelement neu gestartet werden muss.

10

Config Web Interface

15

Die Konfigurationswebseite des Netzwerkelementes erlaubt es, bevorzugt die wichtigsten Teile des Systems, d.h. Routing, NAT, IPSEC, IPTABLES (Firewall), MAC Adressen Filtering, DHCP Dienste und DNS Dienste zu parametrisieren.

20

Kernel-Workspace Domain

Die Kernel-Workspace Domain besteht aus dem neuesten stabilen GNU / Linux Kernel speziell kompiliert für das erfindungsgemäße Netzwerkelement.

Ansprüche

1. Netzwerkelement (1) zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken (3) zum drahtlosen Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder
5 Netzwerknutzern (2), wobei das Netzwerkelement (1) eine Sende-/Empfangseinheit (12) zum drahtlosen Senden und Empfangen von Daten, eine Steuereinheit (11) zur Steuerung der Verarbeitung von Daten und einen Datenspeicher (15) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (11) ausgebildet ist, um
10 Verbindungsstreckeninformation (22) und Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) zum Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2) auszuwerten, um Teilabschnitte von Datenübertragungsrouten und/oder komplette Datenübertragungsrouten zur Übertragung oder Weiterleitung von Daten zu
15 bestimmen, wobei die Verbindungsstreckeninformation (22) die Anzahl der Netzwerkelemente (1) und die Nachbarschaftsbeziehungen der Netzwerkelemente (1) des Netzwerkes und die Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) die Beschaffenheit der Verbindung zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2)
20 angibt.

2. Netzwerkelement nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (11) ausgebildet ist, um in dem Datenspeicher (15) gespeicherte Verbindungsstreckeninformation (22)
25 und Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) und/oder in den für den Datenaustausch bestimmten Daten enthaltene Verbindungsstreckeninformation (22) und Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) auszuwerten.

30 3. Netzwerkelement nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die in dem Datenspeicher (15) gespeicherte Verbindungsstreckeninformation (22) die Anzahl der Netzwerkelemente (1) und die Nachbarschaftsbeziehungen der Netzwerkelemente (1) des ganzen

Netzwerks (3) und die Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) die Beschaffenheit der Verbindung zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2) des ganzen Netzwerks (3) angibt.

4. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,

- 5 dadurch gekennzeichnet, dass der Datenspeicher (15) zur Speicherung einer nur ein einziges Mal für jedes Netzwerkelement (1) vorhandenen Authentifizierungsinformation (23) ausgebildet ist, und die Steuereinheit (11) ausgestaltet ist, um die Authentifizierungsinformation (23) mittels der Sende-/Empfangseinheiten (12) zu anderen Netzwerkelementen (1) zu übertragen
10 und die von anderen Netzwerkelementen (1) empfangenen Authentifizierungsinformationen (23) zur Überprüfung der Berechtigung der anderen Netzwerkelemente (1) des Netzwerkes zum Datenaustausch im Netzwerk (3) auszuwerten.

15 5. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,

- dadurch gekennzeichnet, dass der Datenspeicher (15) zur Speicherung einer im Netzwerk eindeutigen Autorisierungsinformation (24), insbesondere einer Adressinformation, ausgestaltet ist, welche kennzeichnend für jeden Netzwerknutzer (2) und jedes Netzwerkelement (1) im Netzwerk (3) ist, und
20 die Steuereinheit (11) ausgestaltet ist, um die Autorisierungsinformation (24) mittels der Sende-/Empfangseinheiten (12) zu anderen Netzwerkelementen (1) zu übertragen und die von anderen Netzwerkelementen (1) empfangene Autorisierungsinformation (24) zur Bestimmung von mindestens Teilabschnitten von Datenübertragungsrouten im Netzwerk (3) auszuwerten.

25

6. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine erste Sende/Empfangseinheit (12) zum Datenaustausch von Netzwerkelementen (1) untereinander und eine zweite Sende/Empfangseinheit (12) zum Datenaustausch zwischen
30 Netzwerkelementen (1) und Netzwerknutzern (2).

7. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch Koppelmittel (202, 203) zur Koppelung des Netzwerkelementes (1) zum Datenaustausch mit einem zweiten Netzwerk (4), insbesondere einem nicht-drahtlosen Infrastrukturnetzwerk wie dem Internet.

5 8. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Koppelmittel (204) zur Koppelung des Netzwerkelementes (1) mit mehreren unterschiedlichen Energiequellen, insbesondere mit Solarzellen.

10 9. Netzwerkelement nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Koppelmittel (202, 203) zum Datenaustausch ausgestaltet sind, um das Netzwerkelement (1) mittels der Koppelmittel (202, 203) zum Datenaustausch auch mit Energie zu versorgen, insbesondere mittels eines Ethernet Anschluss (202) für ein nicht-drahtloses
15 Infrastrukturnetzwerk (4).

10. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mindestens eine Sende-/Empfangseinheit (12) nach einem oder mehreren der Standards IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE
20 802.11g.

11. Netzwerkelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es eine oder mehrere WLAN PCI-Karten (300) nach einem oder mehreren der Standards IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, flüchtige und nichtflüchtige Speicher (103, 105), insbesondere SDRAMs oder
25 Flash-Speicher, eine Mikroprozessor- oder Mikrocomputereinheit und/oder programmierbare Logikbausteine (100, 101, 102), Komponenten zur Regelung und Steuerung der Verlustleistung und der Energiequellen und zwei Antennen, jeweils für Daten von Netzwerknutzern (2) und von
30 Netzwerkelementen (1), aufweist.

12. Verfahren zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken (3) zum Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2) mit den Schritten:

- 5 - Austauschen und Speichern von Verbindungsstreckeninformation (22) und Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) der Netzwerkelemente (1) zueinander und der Netzwerknutzer (2) zu den Netzwerkelementen (1),
- Auswerten der Verbindungsstreckeninformation (22) und Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21),
- 10 - Austauschen von Daten zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2), basierend auf den Verbindungsstreckeninformationen (22) und Verbindungsbeschaffenheitsinformationen (21), durch Versenden von Daten durch einen ersten Netzwerknutzer (2) an ein in der Nähe
- 15 angeordnetes Netzwerkelement (1),
- Empfangen der Daten durch das Netzwerkelement (1) und Weiterversenden der Daten zu einem benachbarten Netzwerkelement (1) in Richtung auf den adressierten, zweiten Netzwerknutzer (2) oder den adressierten Netzwerknutzer (2) selbst, über eine aus den
- 20 Verbindungsbeschaffenheits- und Verbindungsstreckeninformationen ermittelte (21,22) Datenübertragungsroute oder einen Teilabschnitt einer Datenübertragungsroute.

13. Verfahren nach Anspruch 12,
25 gekennzeichnet durch Auffinden von Netzwerkelementen (1) und Netzwerknutzern (2) durch drahtloses Empfangen und Aussenden von Verbindungsanfragen.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,
30 gekennzeichnet durch Überprüfen der Authentizität der aufgefundenen Netzwerkelemente (1) durch Auswerten einer zugesandten Authentizitätsinformation (23) zur Ermittlung der Berechtigung zum

Datenaustausch und Speicherung der daraus ermittelten Berechtigungsinformation.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 14,
5 gekennzeichnet durch die Schritte Senden, Empfangen, Zuordnen und Speichern im Netzwerk eindeutiger Autorisierungsinformation (24), insbesondere Adressinformation von Netzwerkelementen (1) und Netzwerknutzern (2).
- 10 16. Verfahren nach Anspruch 15,
gekennzeichnet durch Übergeben von Netzwerknutzern (2) aus dem Sende-/Empfangsbereich (7) eines ersten Netzwerkelementes (1) in den Sende-/Empfangsbereich (7) eines zweiten Netzwerkelementes (1) in Abhängigkeit von der Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) und der
15 Verbindungsstreckeninformation (22) unter Beibehaltung der eindeutigen dem Netzwerknutzer (2) zugeordneten Autorisierungsinformation (24).
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16,
gekennzeichnet durch Hinzufügen von Netzwerkelementen (1) in den Sende-/
20 Empfangsbereich (7) bereits im Netzwerk (3) angeordneter Netzwerkelemente (1).
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17,
gekennzeichnet durch Unterscheiden und Trennen des drahtlosen
25 Datenaustausches nach Netzwerknutzern (3) und Netzwerkelementen (1), insbesondere durch Verwenden unterschiedlicher Frequenzbereiche, Vergabe von Frequenzkanälen, zeitliches Multiplexen und/oder unterschiedlicher Modulationsverfahren und/oder Standards der drahtlosen Datenübertragung für den Datenaustausch zwischen Netzwerknutzern (2) und den
30 Datenaustausch nur zwischen Netzwerkelementen (1).
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18,

gekennzeichnet durch Koppeln mehrerer Netzwerkelemente (1) mit einem zweiten Netzwerk (4), insbesondere einem nicht-drahtlosen Infrastrukturnetzwerk wie dem Internet.

5 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19,
gekennzeichnet durch

- Bereitstellen einer vordefinierten, begrenzten Anzahl von Autorisierungsinformationen (24) für Netzwerknutzer (2), welche in allen Netzwerkelementen (1) gleich ist,
- 10 - Entdecken eines Assoziations-Ereignisses durch ein Netzwerkelement (1), welches anzeigt, dass ein Netzwerknutzer (2) innerhalb des Sende-Empfangsreichweite eines Netzwerkelementes (1) angeordnet ist,
- Vergleichen der übermittelten Autorisierungsinformation (24) mit den vordefinierten, bekannten Autorisierungsinformationen (24),
- 15 - Auswerten des Vergleiches zur Ermittlung, ob es sich um einen externen oder bereits bekannten Netzwerknutzer (2) handelt,
- Zuweisung einer Autorisierungsinformation (24), wenn ein externer Netzwerknutzer (2) ermittelt wurde,
- 20 - Übermitteln der auf den Netzwerknutzer (2) bezogenen Verbindungsstrecken- und/oder Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21, 22) an die Netzwerkelemente (1) des Netzwerkes und
- Übermitteln einer Autorisierungsinformation an den Netzwerknutzer, 25 welche für das Netzwerk kennzeichnend ist, insbesondere eine Adressinformation für die Datenübertragung.

21. Netzwerk mit Netzwerkelementen (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken (3) für Netzwerknutzer (2) nach
30 einem Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, wobei der Datenaustausch zwischen zwei oder mehr Netzwerknutzern (2) immer mindestens mittels eines Netzwerkelementes (1) und auf Basis der

Verbindungsbeschaffungs- und der Verbindungsstreckeninformation (21, 22) erfolgt.

22. Netzwerk nach Anspruch 21,

- 5 dadurch gekennzeichnet, dass die räumliche Distanz der Netzwerkelemente (1) wesentlich geringer ist, als die Reichweite der Sende-/Empfangseinheiten (12, 7) der Netzwerkelemente.

23. Netzwerk nach einem der Ansprüche 21 oder 22,

- 10 dadurch gekennzeichnet, dass zusammengehörende Daten in den Datenspeichern (15) mehrerer Netzwerkelemente (1) verteilt speicherbar sind.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Netzwerkelement (1) zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken (3), ein entsprechendes Netzwerk (4) und ein Verfahren zur
5 Einrichtung von drahtlosen Netzwerken und zum drahtlosen Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2), wobei das Netzwerkelement (1) eine Sende-/Empfangseinheit (12) zum drahtlosen Senden und Empfangen von Daten, eine Steuereinheit (11) zur Steuerung der Verarbeitung von Daten und einen Datenspeicher (15) aufweist. Zur
10 Verbesserungen bekannter Konzepte zur Einrichtung von drahtlosen Netzwerken ist die Steuereinheit (11) ausgebildet, um Verbindungsstreckeninformation (22) und Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) zum Datenaustausch zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2) auszuwerten, um
15 Teilabschnitte von Datenübertragungsrouten und/oder komplette Datenübertragungsrouten zur Übertragung oder Weiterleitung von Daten zu bestimmen, wobei die Verbindungsstreckeninformation (22) die Anzahl der Netzwerkelemente (1) und die Nachbarschaftsbeziehungen der Netzwerkelemente (1) des Netzwerkes und die
20 Verbindungsbeschaffenheitsinformation (21) die Beschaffenheit der Verbindung zwischen Netzwerkelementen (1) und/oder Netzwerknutzern (2) angibt.

(Fig. 3)

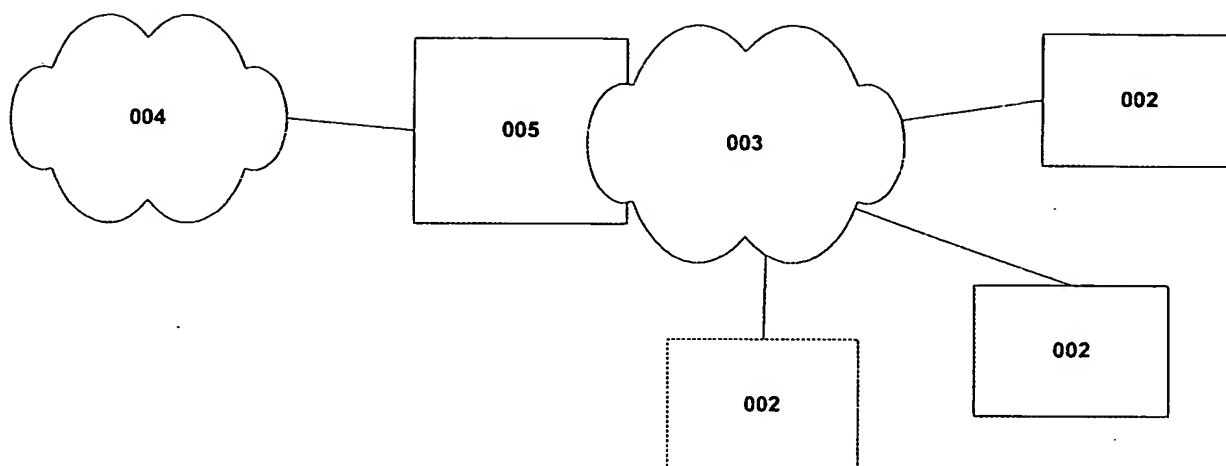


Fig. 1

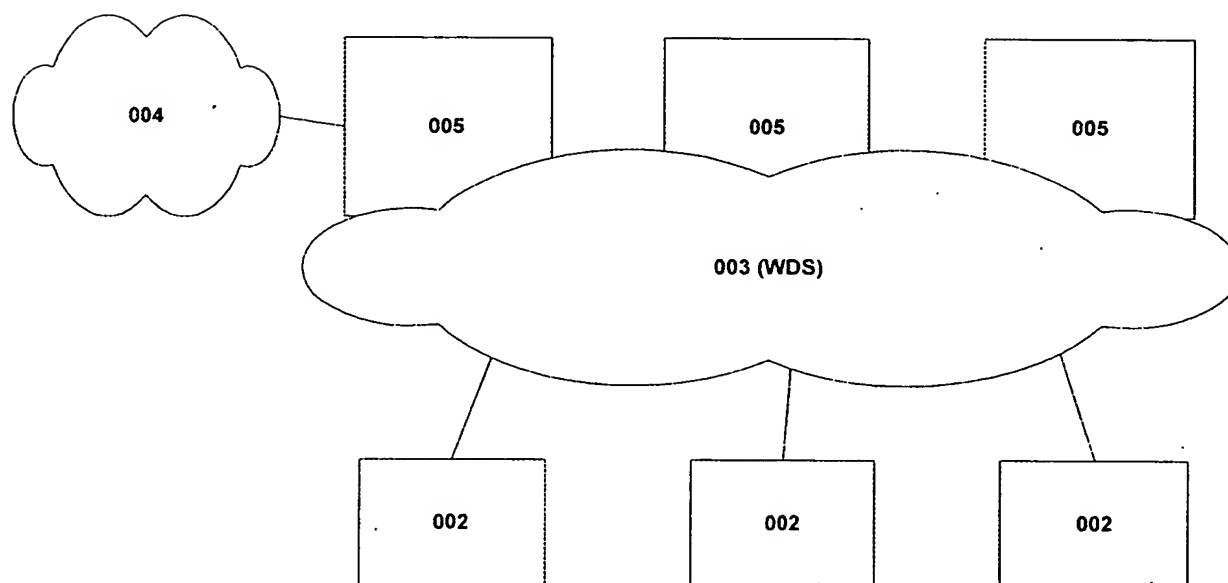


Fig. 2

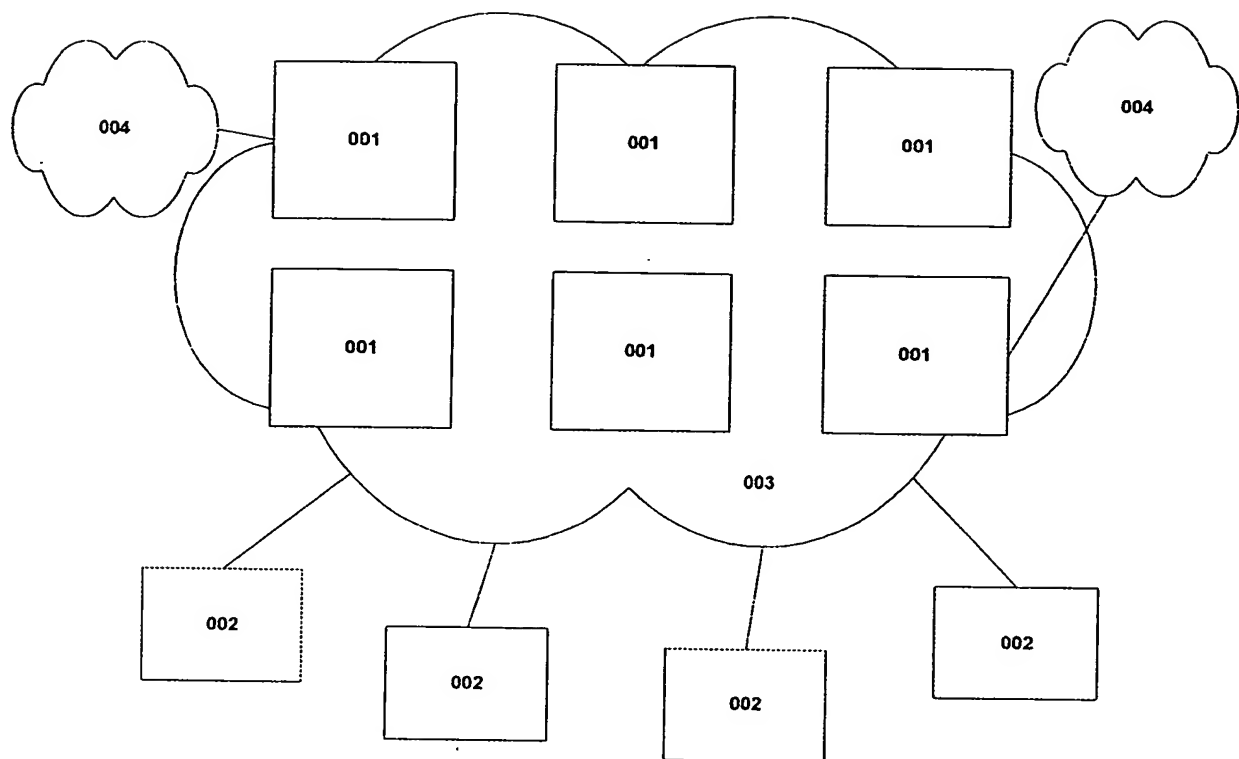


Fig. 3

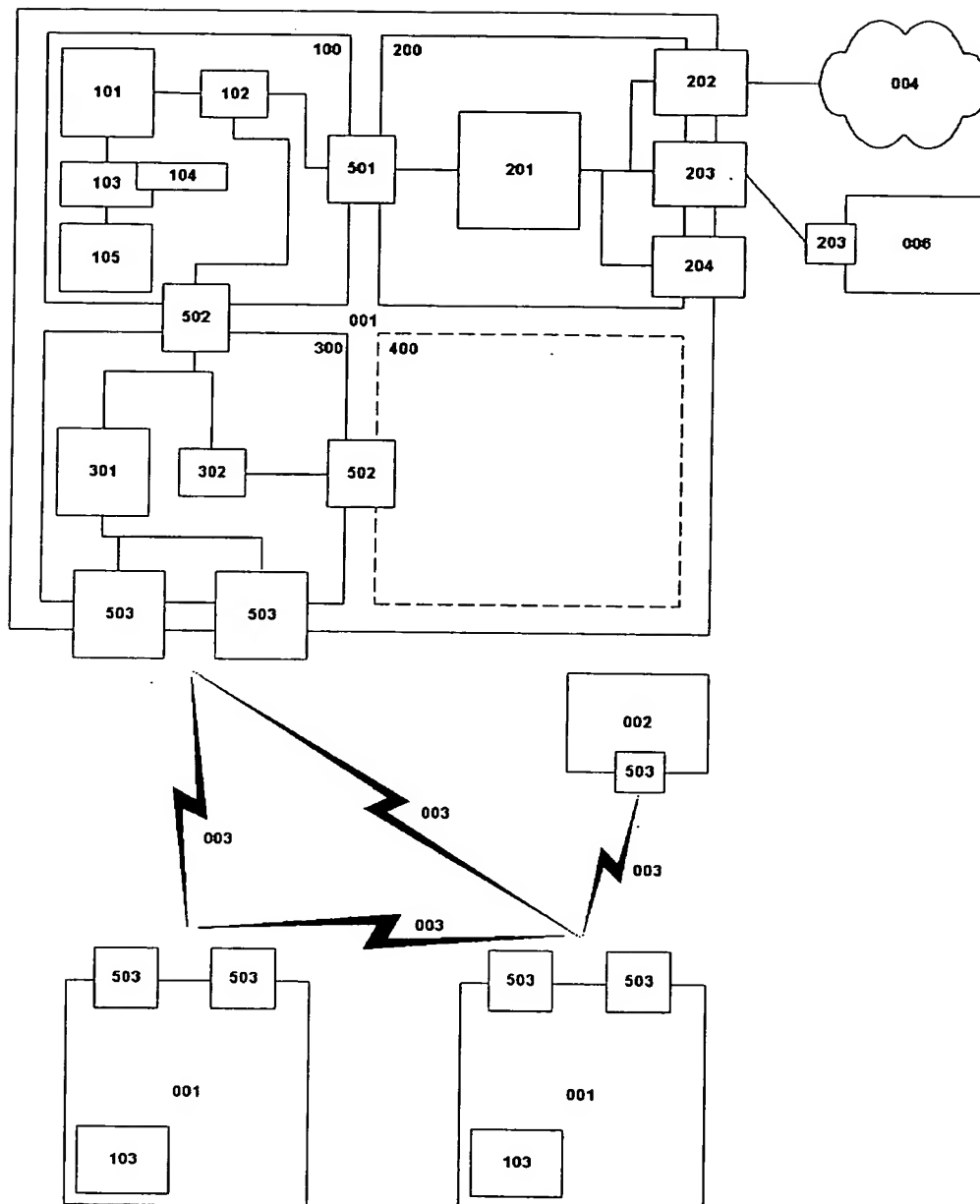


Fig. 4

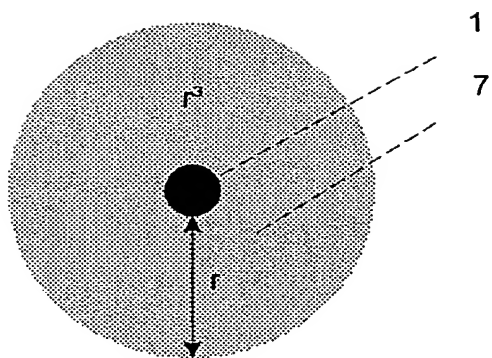


Fig. 5

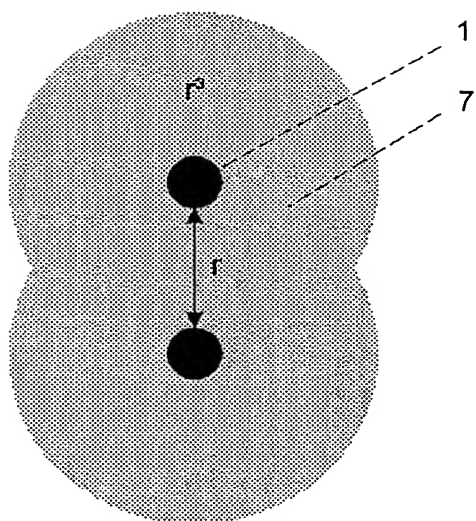


Fig. 6

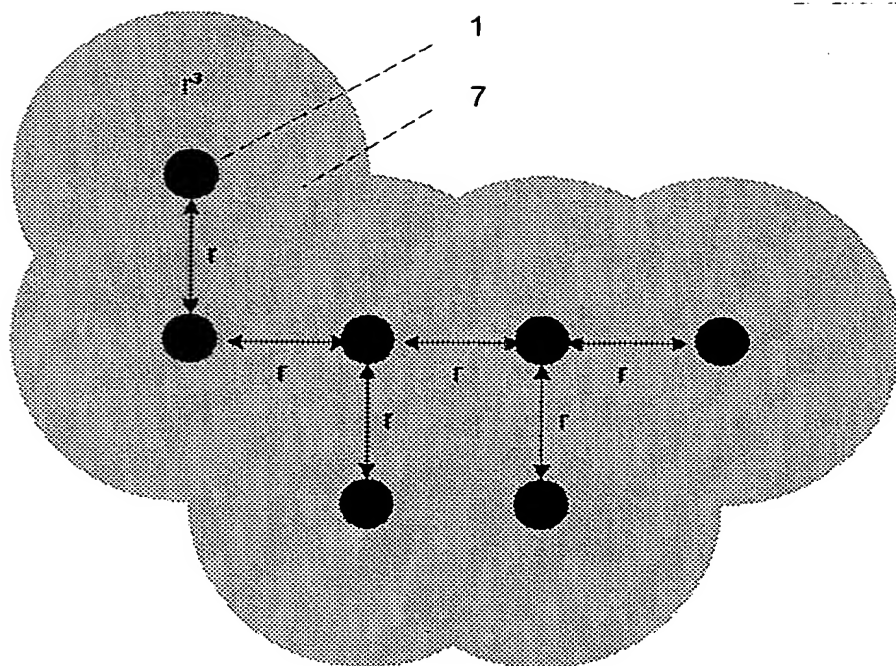


Fig. 7

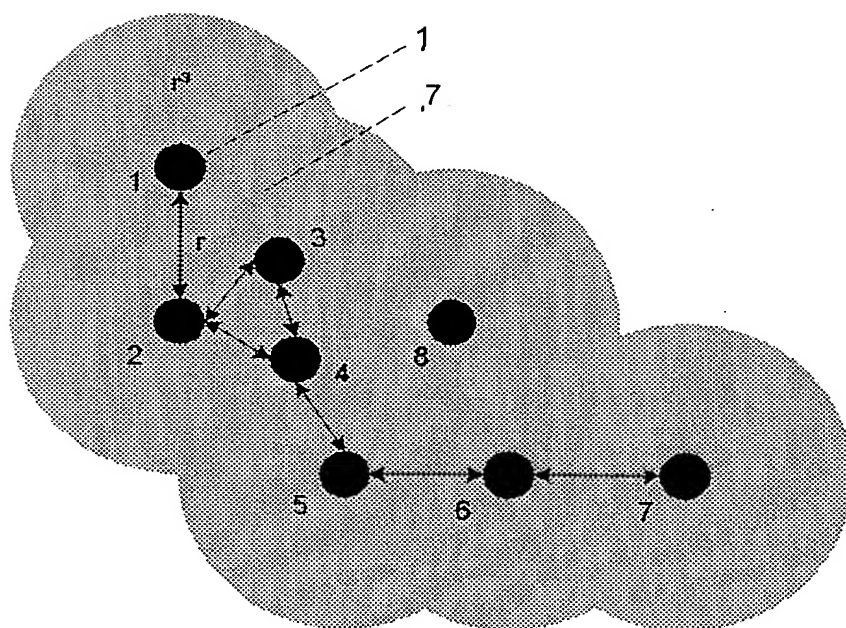


Fig. 8

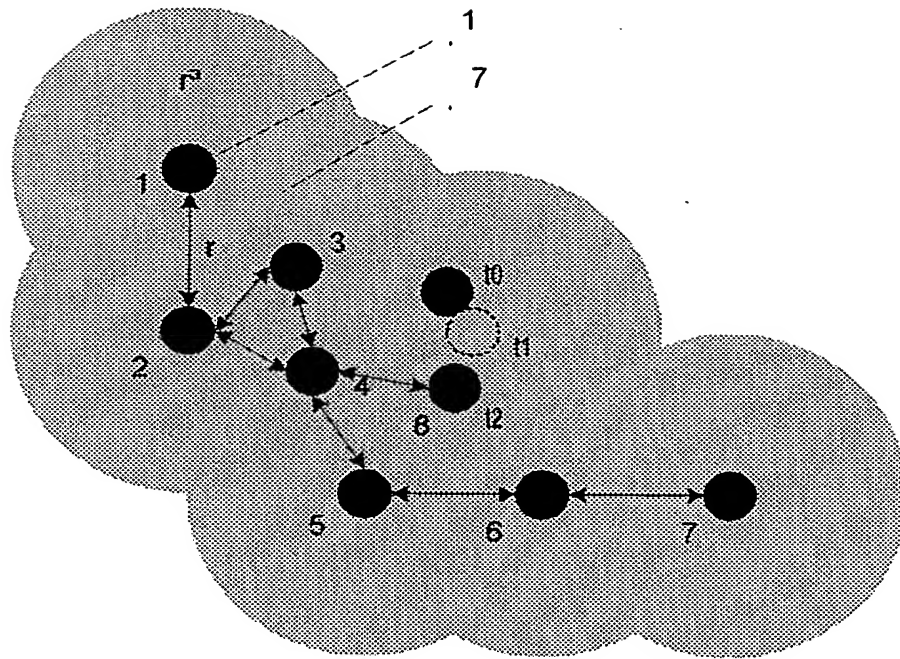


Fig. 9

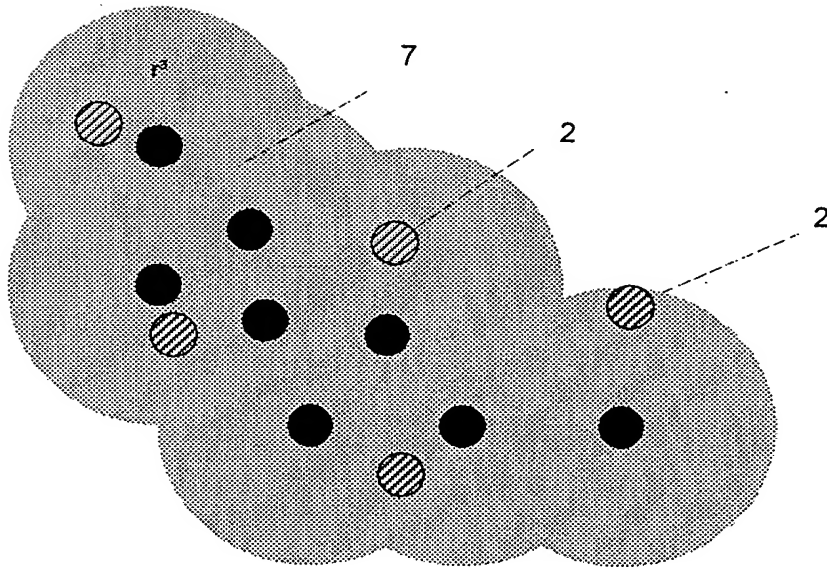


Fig. 10

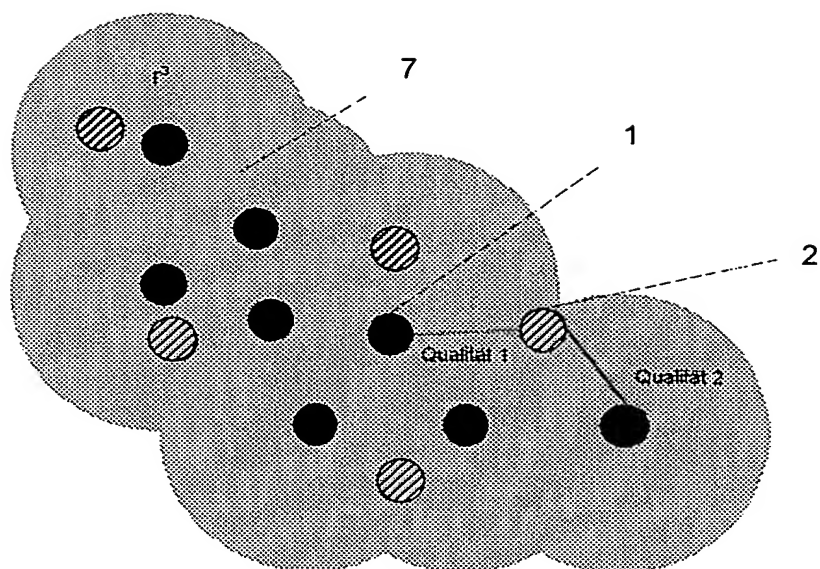


Fig. 11

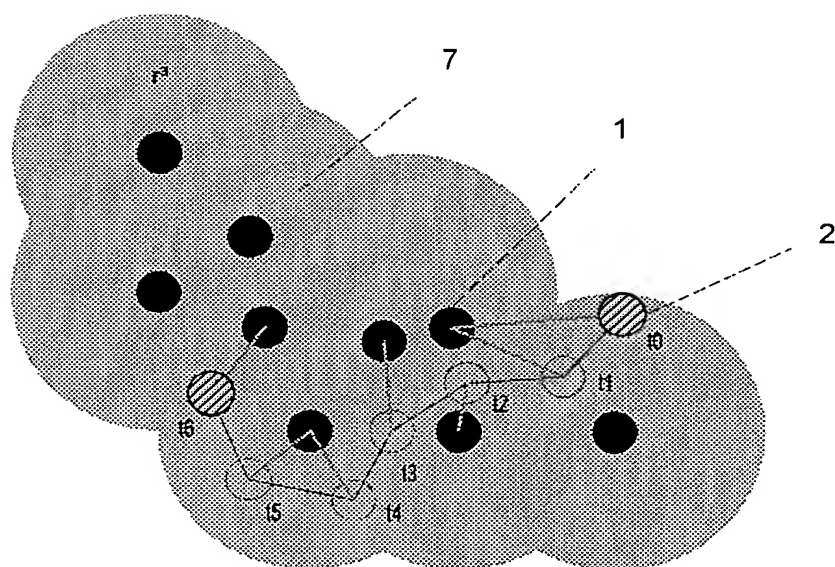


Fig. 12

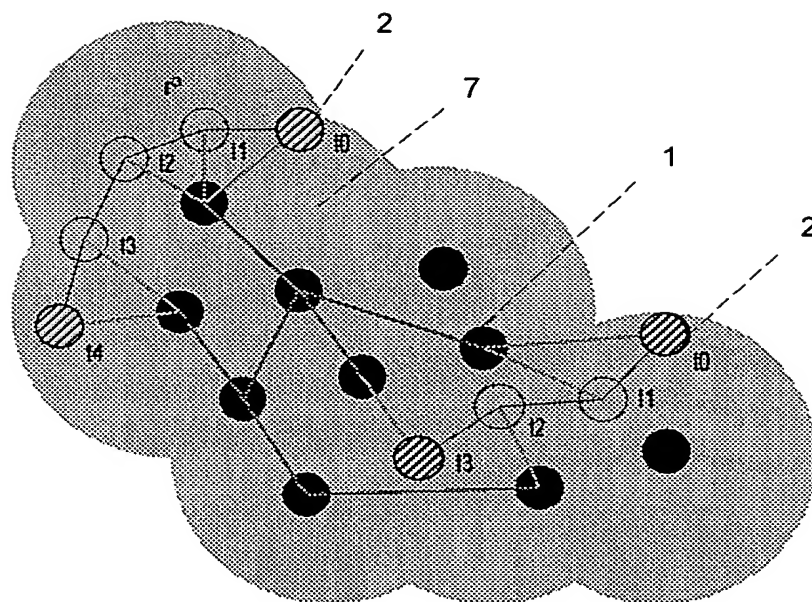


Fig. 13

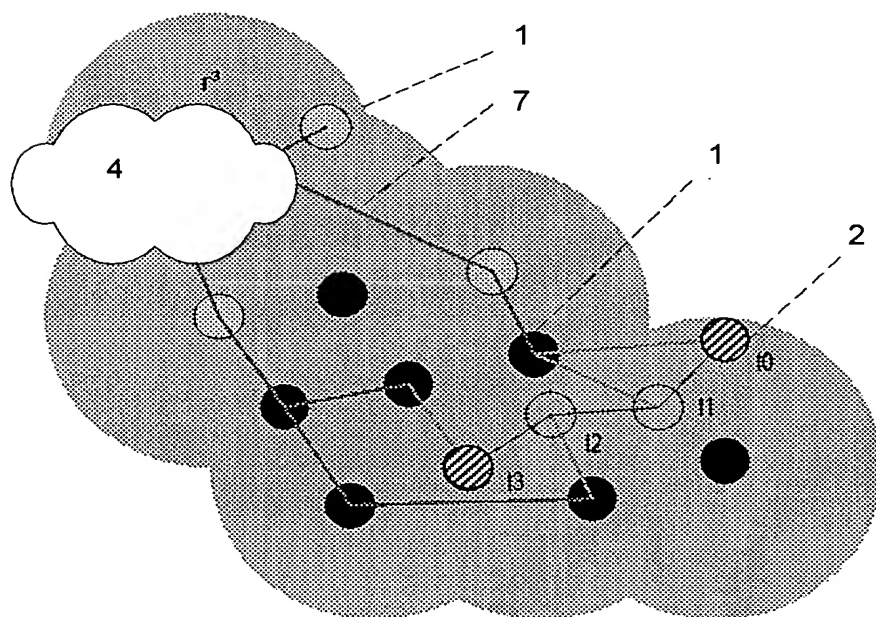


Fig. 14

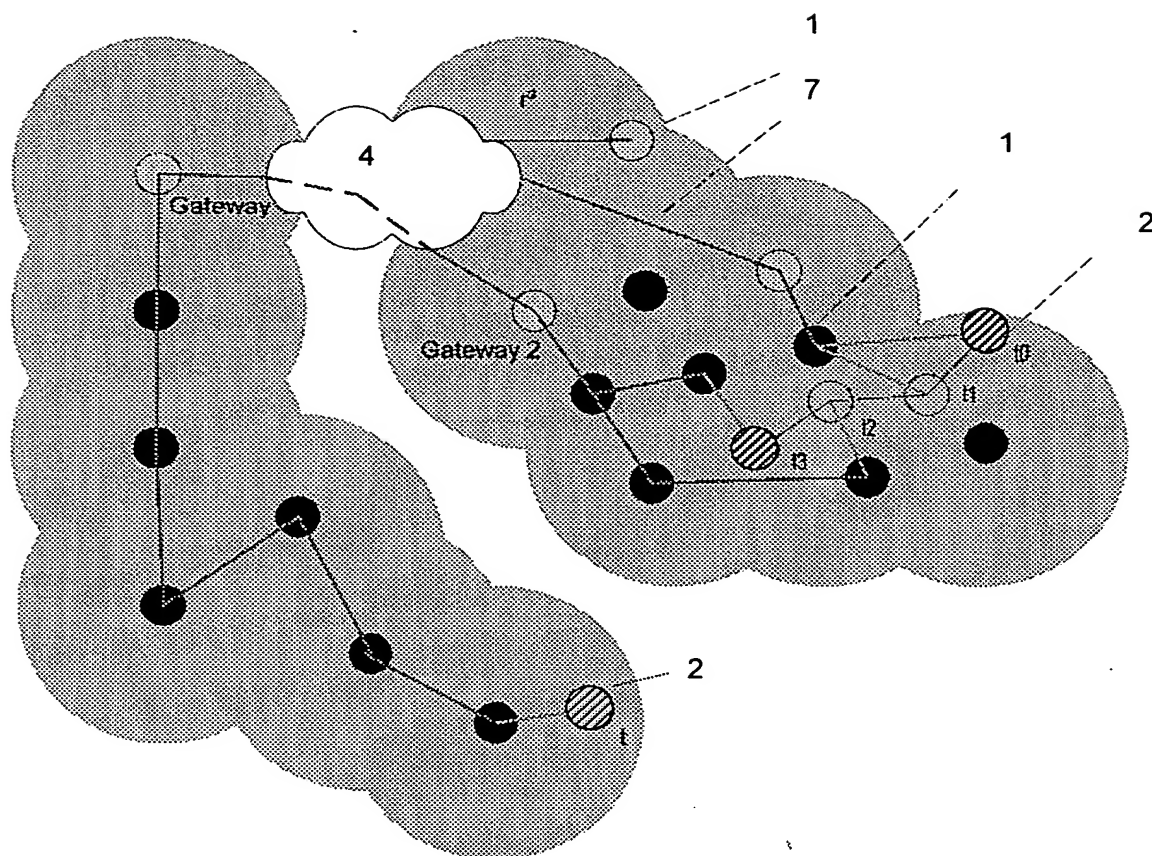


Fig. 15

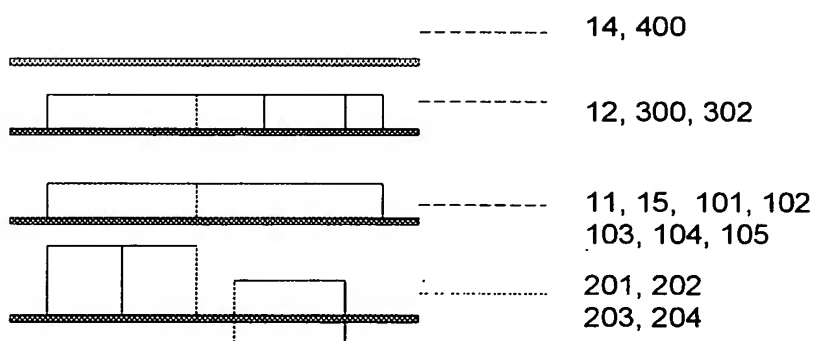


Fig. 16

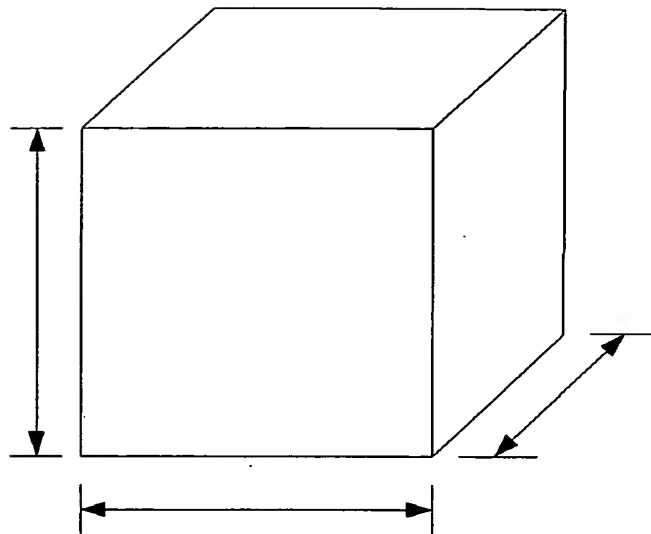


Fig. 17

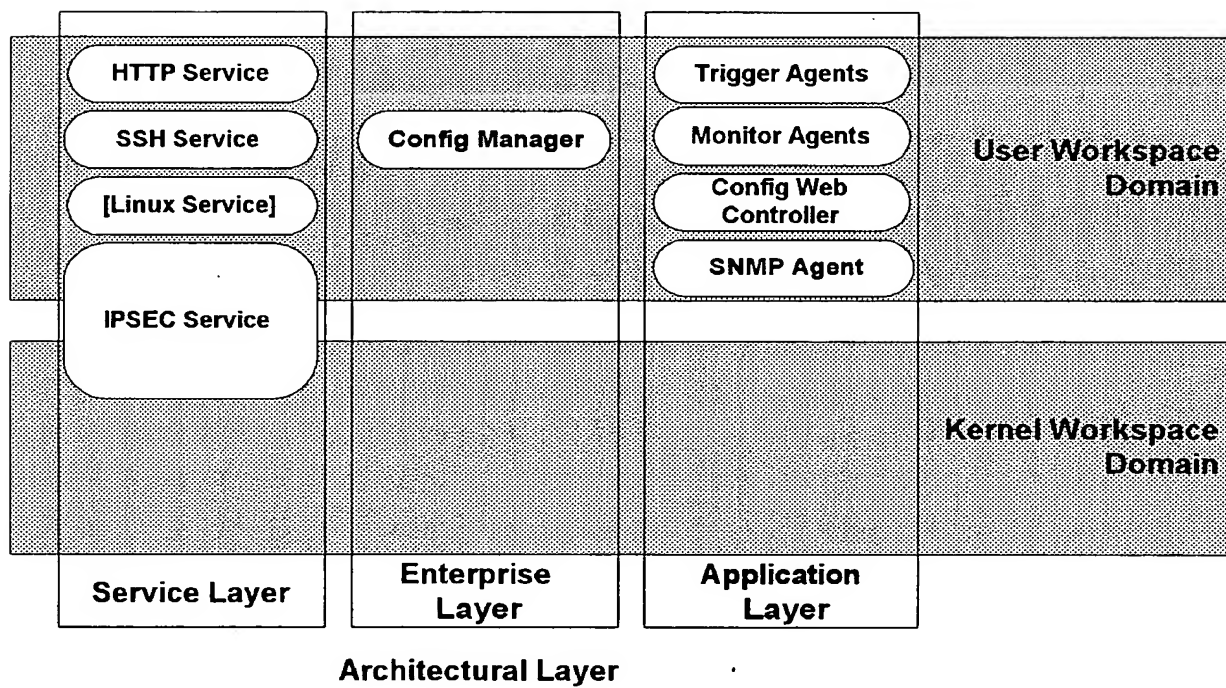


Fig. 18

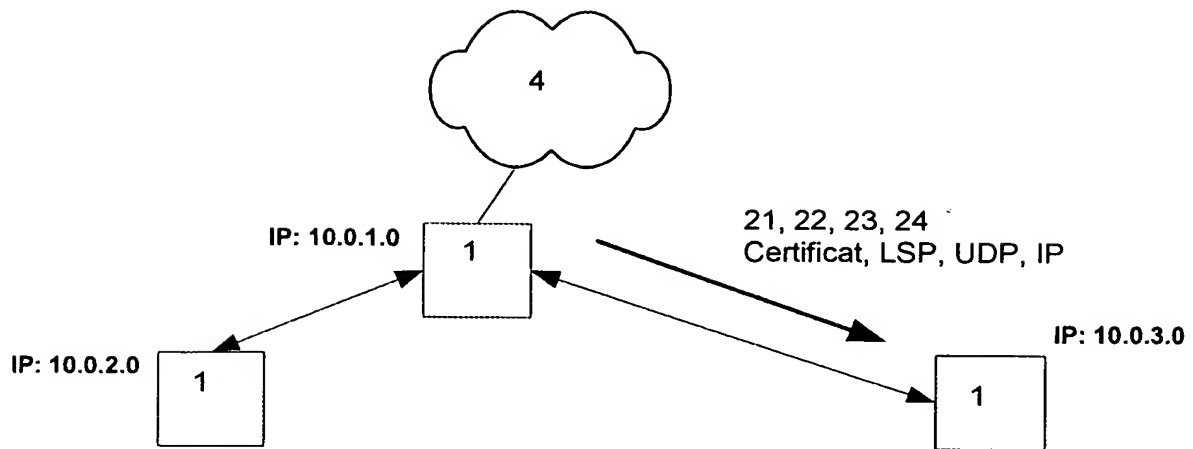


Fig. 19

Informations-Typ	Router ID	Sequenz Nummer
Alter des Datenpakets	Anzahl der Hops	Anzahl der Schnittstellen
Anzahl der externen Routen	Lokale Schnittstellenadresse	Anzahl der Nachbarn
Nachbar-Schnittstellen Adresse	Nachbar-Schnittstellen Metrik	
....	
Externe Route Adresse	Externe Route Netzmaske	Extern Route Metrik

Fig. 20

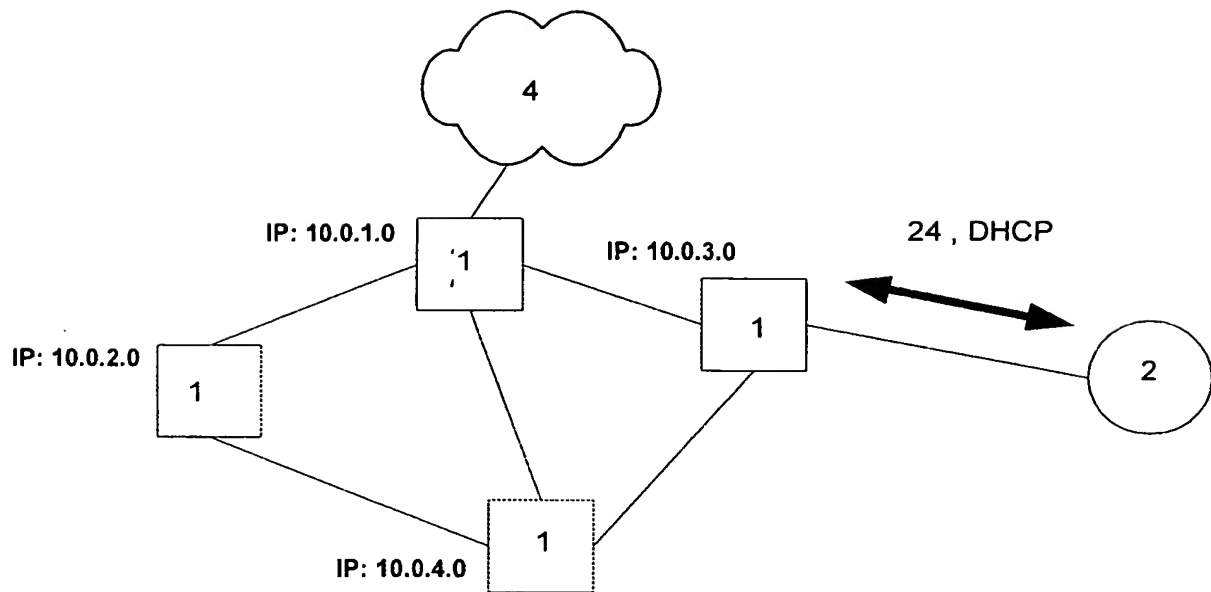


Fig. 21

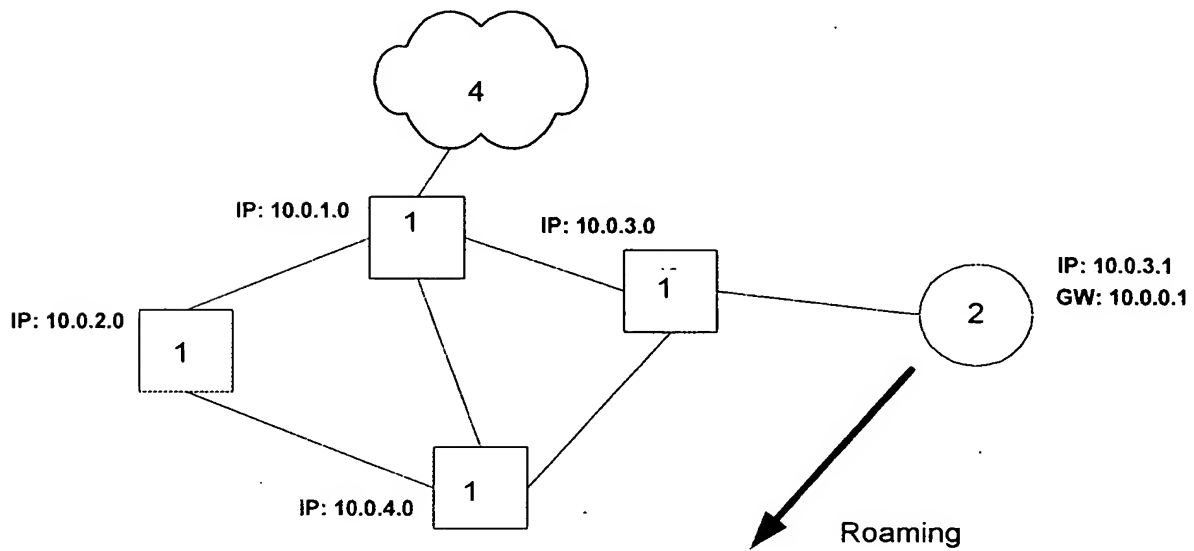


Fig. 22

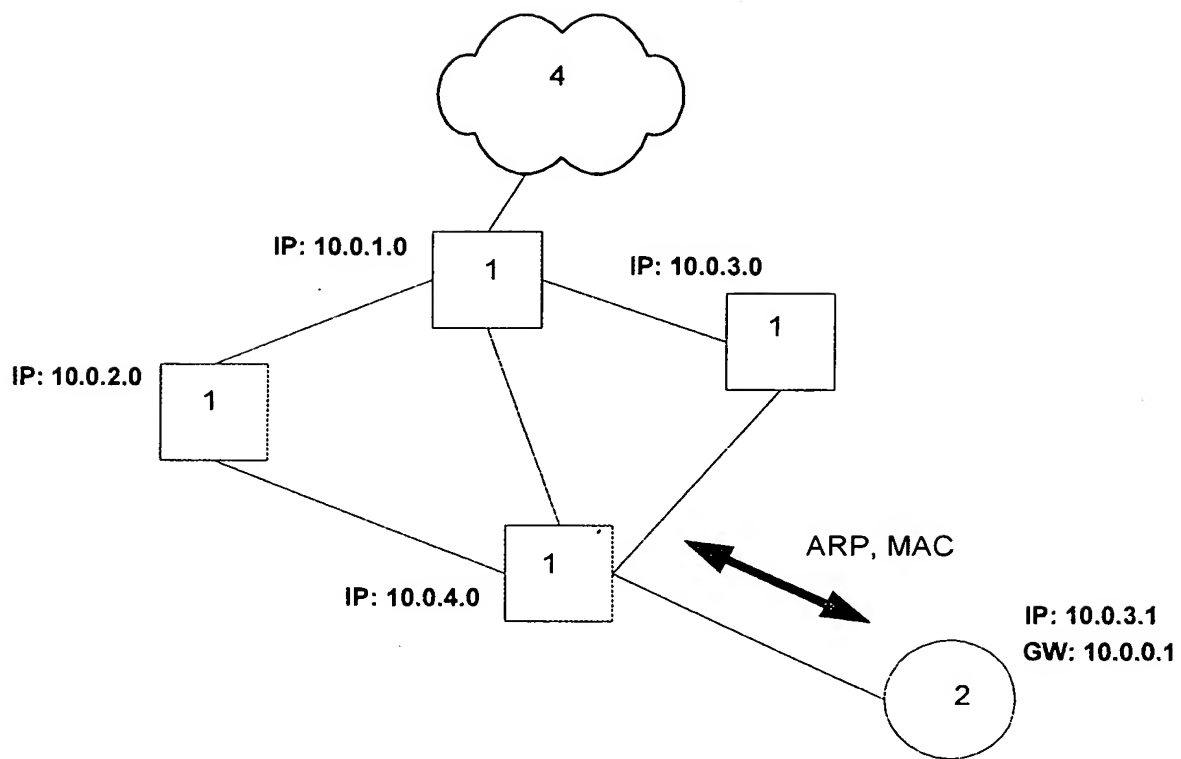


Fig. 23

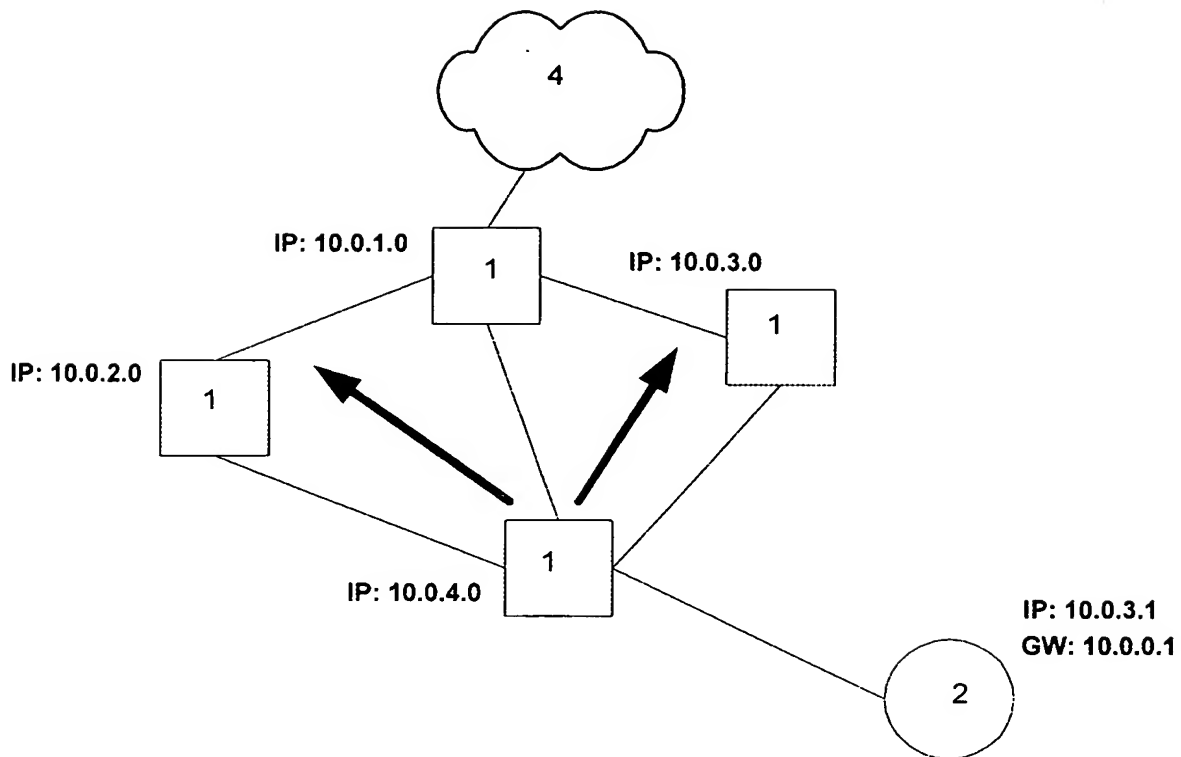


Fig. 24

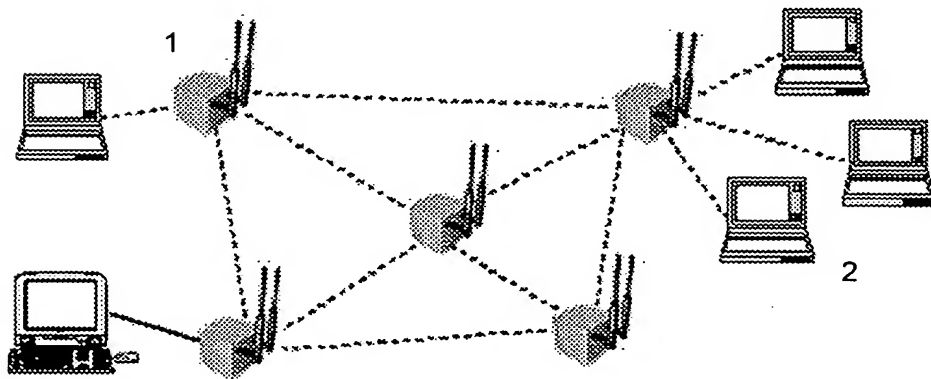


Fig. 25

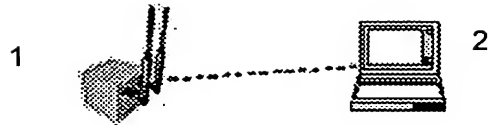


Fig. 26



Fig. 27

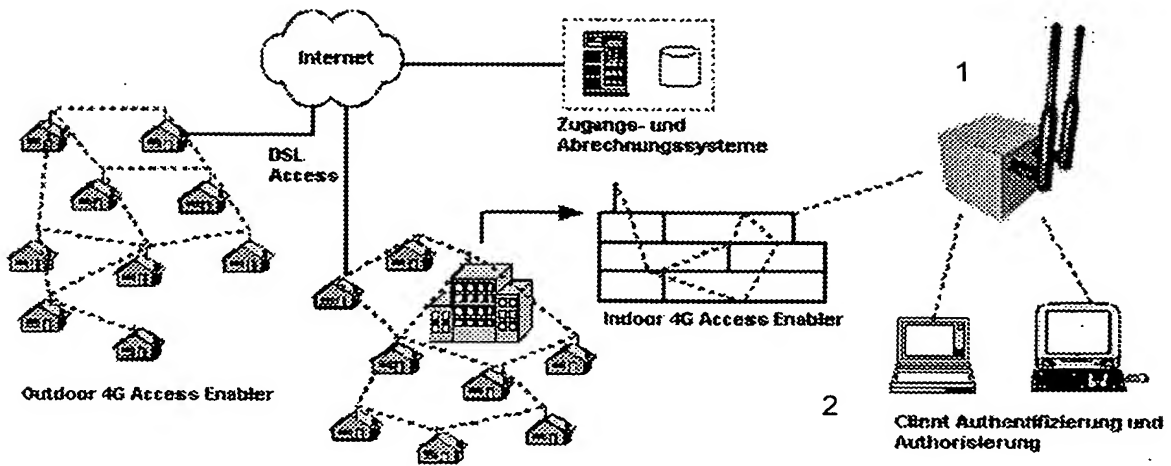


Fig. 28